



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA
INGENIERÍA MECÁNICA**

“Optimización del consumo de energía del sistema de climatización del edificio Marlon Zelaya Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios- UNI por medio de la incorporación de paneles solares”

AUTORES

Br. Orlando José Coulson Cortez.

Br. Faure Daniel Torres Oviedo.

Br. Ariel Emmanuel Valle Gaitán.

TUTOR

Msc. Lester Antonio Artola Chavarría.

Managua, 16 de febrero de 2018



Líder en Ciencia y Tecnología

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA**

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA** hace constar que:

COULSON CORTEZ ORLANDO JOSE

Carné: **2011-37555** Turno **Diurno** Plan de Estudios **2015** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERÍA MECANICA**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los trece días del mes de septiembre del año dos mil diecisiete.

Atentamente,

Ing. Wilmer José Ramírez Velásquez
Secretario de Facultad





Unión en Ciencia y Tecnología

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA**

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA** hace constar que:

VALLE GAITÁN ARIEL ENMANUEL

Carne: **2012-41971** Turno **Diurno** Plan de Estudios **2015** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERÍA MECÁNICA**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los siete días del mes de febrero del año dos mil diecisiete.

Atentamente,

Ing. Wilmer José Ramírez Velásquez
Secretario de Facultad





Líder en Ciencia y Tecnología

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA**

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA** hace constar que:

TORRES OVIEDO FAURE DANIEL

Carno: **2012-41747** Turno **Diurno** Plan de Estudios **2015** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERÍA MECANICA**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los veinte y cinco días del mes de abril del año dos mil diecisiete.

Atentamente,

Ing. Wilmer José Ramírez Velásquez
Secretario de Facultad





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Industria
DECANATURA

Managua, 22 de Mayo del 2017

Brs. Ariel Enmanuel Valle Gaitán
Orlando José Coulson Cortez
Faure Daniel Torres Oviedo

Por este medio hago constar que el protocolo de su trabajo monográfico titulado **"Optimización del consumo de energía del sistema de climatización del edificio Marlon Zelaya Recinto Universitario Pedro Aráuz Palacios- UNI por medio de la incorporación de paneles solares"**, para obtener el título de **Ingeniero Mecánico** y que contará con el MSc. Lester Antonio Artola Chavarría como tutor, ha sido aprobado por esta Decanatura.

Cordialmente,




MBA. Daniel Cuadra-Horney
Decano

C/c Archivo
DCI/Int



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
RECINTO UNIVERSITARIO PEDRO ARAUZ PALACIOS
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA
DEPARTAMENTO DE ENERGETICA

Managua 08 de Diciembre del 2017

INGENIERO
Daniel Cuadra Horney
Decano FTI
Sus manos

Estimado Ing. Cuadra:

Reciba un cordial saludo de mi parte. El motivo de la presente es para hacer de su conocimiento que he revisado la monografía titulada: *"Optimización del consumo de energía del sistema de climatización del edificio Marlon Zelaya Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios- UNI por medio de la incorporación de paneles solares conectado a la red"* la cual fue elaborada por los bachilleres:

- Br. Orlando José Coulson Cortez
- Br. Faure Daniel Torres Oviedo
- Ariel Emmanuel Valle Gaitán

No omito manifestarle que el documento cumple con los requisitos técnicos y académicos establecidos por la facultad y nuestra Alma Mater, por lo cual le solicito la programación de defensa de la monografía antes mencionada.

Agradeciéndole de antemano a la presente, le saludo deseándole éxito en sus funciones.

Atentamente,



MSc. Lester Artola Chavarría
Tutor

Cc. Archivo

DEDICATORIA

Dedico este trabajo monográfico, primeramente, a Dios por haber sido mi soporte, por haber iluminado siempre mi camino, guiando mis pasos en los momentos más difíciles desplegando su inmenso amor sobre mí, me brindó la fortaleza para continuar adelante a pesar de los tropiezos; recordándome que él es ese ser invisible que siempre está a nuestro alrededor para derramar su espíritu sobre nosotros, aunque no lo cosechemos.

A mi madre Maura del Socorro Cortes, quien siempre estuvo a mi lado apoyándome en todo momento y en toda circunstancia con su gran espíritu guerrero e inquebrantable que sólo una madre suele tener.

A mis amigos Ariel Emmanuel Valle Gaitán, Faure Daniel Torres Oviedo y Oscar Danilo Pineda Romero, por haberme apoyado siempre en los buenos y malos momentos sobre el transcurso de la obtención de este gran logro.

Orlando José Coulson Cortez.

DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y estar conmigo en cada logro de mi vida como soporte, así mismo por haberme permitido llegar hasta esta instancia y haberme brindado salud, fuerza en mi corazón y sabiduría para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre Beatriz Oviedo por darme la vida siempre apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por su alegría, por la motivación que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor, todo se lo debo a usted madre.

A mi padre Álvaro Torres, por su apoyo incondicional, por sus consejos, por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha enseñado, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor, esto es también gracias a usted.

A mi tía Amparo Oviedo, por quererme y brindarme todo su apoyo incondicional, esperando únicamente la satisfacción de mi superación, esto también se lo debo a usted.

A mis hermanos Melvin Oviedo y Álvaro Torres por estar conmigo y apoyarme siempre los quiero mucho.

Faure Daniel Torres Oviedo.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo monográfico, primeramente, a Dios todopoderoso por haberme dado la oportunidad de vivir, por guiarme en todo momento y brindarme la fortaleza para superar cada obstáculo en el camino también por haberme permitido llegar hasta esta etapa tan importante de mi formación profesional.

A mis padres Guillermina Gaitán Lara y Ariel Valle Loasiga por apoyarme incondicionalmente, por demostrarme su amor y estar conmigo en los momentos difíciles aconsejándome y confiando en mí. Todos los valores que me han inculcado mis padres son los que me han permitido alcanzar esta meta.

A mi familia en general porque me han brindado su apoyo y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

Ariel Enmanuel Valle Gaitán.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, le doy gracias infinitas a Dios, por darme la fuerza, la fortaleza y la perseverancia para haber culminado mi formación universitaria e iniciar una nueva etapa en mi vida.

Agradezco la confianza y el apoyo incondicional brindado por mi madre Maura del Socorro Cortez, a todos mis hermanos que me apoyaron para obtener este gran logro. A mi compañero y gran amigo y confidente que fue como un padre en la vida Sócrates Cerda que se encuentra en la presencia de Dios.

Al Ingeniero Darwing Figueroa, por asesorarme con sus valiosas aportaciones como guía y tutor y su entrega desinteresada como propagador de la enseñanza fue la luz que me guio hacia la culminación de este trabajo y también ayudó a crecer como persona y como profesional. A todos mis maestros quienes brindaron todos sus conocimientos.

Recordaré siempre el apoyo incondicional de mis amigos: Ariel Valle, Faure Torres, mi amigo y gran maestro Ing. Lester Artola, Oscar Romero, Ariel Mairena, por haber hecho de gran ayuda en lo que fue la trayectoria para la culminación de mis estudios y poderme formar como un profesional.

Orlando José Coulson Cortez.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a mis padres y mi tía que han dado todo su esfuerzo para que ahora este culminado esta etapa de mi vida y por haberme dado todo su apoyo y amor sin condición alguna, ahora puedo ser un profesional para el orgullo de ellos y de los que confiaron en mí.

Gracias a mis maestros ya que ellos me enseñaron todo lo que se acerca de mi carrera, el valorar el estudio y motivación que me brindaron.

Gracias a mis compañeros y amigos Orlando Coulson y Ariel Valle, por los lazos que hemos hecho, por habernos apoyados a lo largo de los años, ya que sin ellos hoy no estaría culminando este proyecto.

Faure Daniel Torres Oviedo.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, doy gracias a Dios por estar conmigo todos los días y por haberme dado fuerza y dirección para culminar esta etapa de mi vida.

Agradezco también la confianza y el apoyo brindado por parte de mis padres en todo momento ayudándome a seguir adelante para lograr mis objetivos y también por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación.

A mis abuelos Olga Lara y Ángel Gaitán que también me han brindado su apoyo incondicional durante todo el transcurso de mi formación profesional.

A todos los maestros que me han dado clases y me han ayudado a tener una buena base para mi desarrollo profesional.

A mis compañeros de tesis Orlando Coulson y Faure Torres por su esfuerzo, amistad y por haber sido un excelente equipo de trabajo durante todo el camino Universitario sin ellos no sería posible haber culminado con éxito este proyecto.

Y gracias a todos los que nos brindaron su ayuda en este proyecto.

Ariel Enmanuel Valle Gaitán.

NOMENCLATURA

F_c: Factor de carga

P_T: Potencia Total

F_P: Factor de potencia

N_T: Número total de paneles

V_{inv}: Tensión de entrada del inversor.

V_{módulo}: Tensión del módulo fotovoltaico

N_s: Número de paneles en serie.

V_{oc}: Tensión circuito abierto del panel

P_{máx. Panel}: Potencia Máxima nominal del panel.

N_p: Número de paneles en paralelo.

I_{máx, entrada, inv}: Corriente máxima de entrada del inversor.

I_{sc}: Corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico.

δ:Declinación (grados).

β_{opt}:Ángulo de inclinación optimo(grados)

|φ|:Latitud del lugar, sin signo (grados)

P_{Total}: Potencia generada por los paneles fotovoltaicos

W: Peso total de la estructura de una armadura

Atributaria: Área tributaria

β: Angulo de inclinación de paneles.

M_A: Momento en el punto A

M_C: Momento en el punto C

d_{AB}: Distancia AB

W: Peso total de la estructura de una armadura.

S_n: Límite de fatiga real.

S'_n: Límite de fatiga teórico de la probeta de ensayo

C_a: factor por acabado superficial

C_b: factor por tamaño

C_c : factor de carga

C_d : factor de temperatura

C_e : factor de sensibilidad a la entalla

d_e : Dimensión efectiva.

$A_{0.95\sigma}$: Esfuerzo aplicado al 95%

$I_{SC \text{ línea}}$: Corriente de cortocircuito admisible de la línea.

I_{sc} : Corriente de cortocircuito del módulo.

S : Es la sección del conductor del cable en continua, en mm^2

L : Es la longitud del tramo de conductor que se esté considerando, en m

I : Es la intensidad de corriente que circula por el conductor, en amperios (A)

ΔU : Es la caída de tensión máxima permitida en el tramo, en voltios (V)

γ : Es la conductividad del conductor del cable en $(\frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2})$

$I_{MAX,ADM,CORR}$: Intensidad de corriente admisible corregida.

$I_{MAX,ADM}$: Intensidad Máxima Admisible del cable

FC_{TUBO} : Factor de corrección.

L : Longitud del conductor (m).

Δu : caída de tensión máxima, para CC se considera el 2%.

P : Potencia inversor en watts.

U_L : Tensión de salida del inversor

$P_{nom}(W)$: Potencia nominal del inversor

$V_L(V)$: Tensión de línea a la salida de corriente alterna del inversor

$\cos\phi$: Factor de potencia del inversor

$I_{nom,inv.}$: Corriente nominal del inversor

F_g : Factor de corrección para corriente alterna.

F_{c1} : Factor de reducción por agrupamiento de cables.

F_{c2} : Factor de corrección por temperatura.

F_{c3} : Factor de corrección por profundidad

I_B : Intensidad de cálculo del circuito (A).

I_N : Intensidad nominal o calibre del interruptor (A).

I_Z : Intensidad máxima admisible del conductor (A).

I_F : Intensidad que garantiza el funcionamiento efectivo de la protección (A)

E_E : Energía entregada bruta de los paneles fotovoltaicos (kWh/mes).

D_E : Días efectivos en el mes se consideran 24.

$E_{E(Neta)}$: Energía entregada neta considerando pérdidas energéticas (kWh/mes).

% AE: Porcentaje de aporte energético del sistema fotovoltaico.

SFCR: Sistema Fovovoltaico Conectado a Red

C.C: Corriente continúa

C.A: Corriente Alterna

RESUMEN

Un sistema fotovoltaico de conexión a red es un tipo de instalación en la que intervienen varios elementos como son: los paneles fotovoltaicos, el inversor, la línea eléctrica del Sistema de Interconectado Nacional (SIN), así como accesorios de instalación y las estructuras de soporte de los paneles.

El objetivo del presente proyecto es la generación de energía eléctrica a partir de energía solar. Por ello se pretende realizar el pre-diseño de una instalación solar fotovoltaica de 15 kW de potencia conectada al Sistema de Interconectado Nacional en el recinto Universitario Pedro Arauz Palacio (Managua-Nicaragua).

El proyecto define las condiciones técnicas de la instalación a partir de la radiación solar registrada en la localización elegida. Además de incluir el análisis de la calidad de energía que se realizó mediante el uso del equipo analizador de calidad de energía (Fluke 435), la instalación Solar Fotovoltaica Conectada a Red con Estructura Fija y el estudio económico que indica la viabilidad de mismo.

Como puntos a destacar en el proyecto, se puede tomar los datos obtenidos de generación eléctrica, los costos de ejecución de obra y por último la rentabilidad, la generación de energía eléctrica propuesta con los paneles durante su vida útil de 25 años y se determinara el plazo de recuperación de la inversión mediante indicadores económicos propios de este tipo de proyecto.

Es importante la realización de este tipo de proyectos si se quiere conseguir un sistema energético sostenible. Así como políticas que promuevan la eficiencia y el ahorro energético. No obstante, se debe seguir investigando para mejorar el aprovechamiento de la energía solar y del resto de energías renovables.

INDICE

INTRODUCCION	1
OBJETIVOS	2
Objetivo General	2
Objetivos Específicos	2
JUSTIFICACION	3
ANTECEDENTES	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	5
MARCO TEORICO.....	6
1. CUANTIFICACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN EN EL EDIFICIO MARLON ZELAYA.....	25
1.1. Ubicación del estudio	25
1.2. Consumo energético actual del Edificio Marlon Zelaya.....	26
1.3. Análisis de las mediciones	28
1.3.1. Voltaje de suministro	31
1.3.2. Corriente de suministro.....	32
1.3.3. Análisis de demanda de potencia	34
2. CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A RED	40
2.1. Paneles Solares.....	40
2.2. Inversores.....	42
2.3. Dimensionado de un inversor.....	43
2.4. Calculo de módulos fotovoltaicos	44
2.5. Calculo del arreglo de los paneles fotovoltaicos	44
2.6. Determinación del número de los inversores	48
2.7. Calculo de inclinación.....	49
2.7.1. Declinación solar	49
2.7.2. Obtención de la inclinación.....	49
2.7.3. Radiación global diaria sobre una superficie inclinada y ángulo optimo	51
2.8. Estructura y soportes de los paneles	52
2.8.1. Descripción	52
2.8.2. Calculo de diseño	54
2.8.3. Determinación de la presión de diseño (Pz)	55
2.8.4. Limite a la fatiga.....	57

2.9.	Calculo del cableado	64
2.9.1.	Sección del cableado entre paneles	66
2.9.2.	Cálculo de la sección del cableado comprendido entre las conexiones de los paneles en serie y el inversor.....	66
2.9.3.	Cableado de corriente alterna	68
2.9.4.	Cálculo de la sección del cableado comprendido entre el inversor y la conexión a las líneas del centro de carga.....	69
2.10.	Cálculo de las Protecciones.....	72
2.10.1.	Protección entre módulos e inversor	73
2.10.2.	Protección entre Inversor e armario de corriente alterna.....	73
2.11.	Puesta a Tierra	73
2.11.1.	Tomas de tierra	74
2.11.2.	Tipos de electrodos que se pueden utilizar para el montaje de una puesta a tierra.....	75
2.11.3.	Conductores de protección.....	76
2.11.4.	Resistencia de tomas de tierra.	77
3.	SELECCIONAR LOS COMPONENTES ADECUADOS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.	79
3.1.	Módulos solares (Canadian solar Max Power CS6U-330P).....	79
3.2.	Inversores (SMA Sunny Tripower-STP-15000TL).....	80
3.3.	Contador de salida de energía.	81
3.4.	Cables de Calibres 10-8 AWG THWN.....	81
3.5.	Pararrayos Midnite Solar MNSPD, 600 Volts	81
3.6.	Porta Fusible SIBA.....	82
3.7.	Fusible SIBA URZ 32A gR	82
3.8.	Protección contra fallas a tierra	83
3.9.	Breaker de 40 A	83
3.10.	Conexión con la red eléctrica nacional.	84
4.	ESTABLECER UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....	85
4.1.	Mantenimiento preventivo	85
4.2.	Mantenimiento correctivo	89
4.3.	Mantenimiento predictivo	89
5.	FACTIBILIDAD ECONÓMICA DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	90
5.1.	Total del material utilizado.....	90
5.2.	Calculo de la energía eléctrica que se generara con los paneles fotovoltaicos.....	92

5.3. Costo por consumo de la energía eléctrica con paneles fotovoltaicos	94
5.4. Periodo simple de recuperación de la inversión.....	95
CONCLUSIONES.....	97
RECOMENDACIONES	99
BIBLIOGRAFIA	100
ANEXOS A. FIGURAS	102
ANEXO A1	102
ANEXO A2	103
ANEXO A3	105
ANEXO A4	106
ANEXO A5	107
ANEXO A6	108
ANEXO A7	110
ANEXO A8	111
ANEXOS B. TABLAS	113
ANEXO B1	113
ANEXO B2	114
ANEXO B3	114
ANEXO B4	115
ANEXO B5	116
ANEXO B6	116
ANEXO B7	117
ANEXO B8	118
ANEXOS C. COTIZACIONES	119
ANEXO C1	119
ANEXO C2	120

INTRODUCCION

En el presente trabajo se realiza un estudio de optimización del consumo de energía del sistema de climatización en el edificio Marlon Zelaya Recinto Universitario Pedro Arauz Palacio-UNI por medio de la incorporación de paneles solares fotovoltaicos. Se plantea utilizar un sistema de generación de energía solar fotovoltaica conectado a red que es esencial para reducir la dependencia del consumo energético que tiene la universidad.

Se definen las fuentes de energía como los recursos naturales de los que la humanidad puede obtener energía utilizable para la realización de sus actividades. Las fuentes de energía se clasifican en dos grandes categorías: fuentes renovables son aquellas que son ilimitadas y no contaminan, clasificándose en energía solar, energía eólica, geotérmica entre otros y fuentes no renovables que son las que se agotan, ya sean: petróleo, carbón, gas natural, energía nuclear...etc. La energía solar fotovoltaica es una forma limpia, renovable y gratuita de producción de electricidad con esta se puede reducir significativamente el consumo de energía del sistema interconectado nacional logrando la disminución de costos y aumentando el compromiso con el medio ambiente basado en el actual desarrollo de las tecnologías.

Un sistema fotovoltaico conectado a la red (SFCR) es un sistema cuya función es producir energía eléctrica en condiciones adecuadas para poder ser inyectada en el sistema interconectado nacional, si la demanda es tal que la energía solar no es suficiente para satisfacer totalmente se recurrirá al sistema interconectado nacional para completar la cantidad de energía que se requiera.

OBJETIVOS

Objetivo General

Dimensionar un sistema solar fotovoltaico que permita optimizar el consumo de energía del sistema de climatización haciendo uso de paneles solares para el edificio Marlon Zelaya de la Universidad Nacional de Ingeniería (Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios).

Objetivos Específicos

1. Cuantificar el consumo de energía del sistema de climatización en el edificio Marlon Zelaya.
2. Realizar los cálculos necesarios para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico.
3. Seleccionar los componentes adecuados del sistema fotovoltaico.
4. Establecer un programa de mantenimiento de la instalación fotovoltaica.
5. Evaluar la factibilidad económica del sistema fotovoltaico.

JUSTIFICACION

La energía solar fotovoltaica contribuye grandes beneficios debido a que es una fuente que no contamina y sobre todo inagotable, por lo tanto, es uno de los tipos de energía que más se investiga ya que la fuente de energía más utilizada actualmente es la que deriva del petróleo y contamina el planeta.

Actualmente el edificio Marlon Zelaya ubicado en el Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios de la Universidad Nacional de Ingeniería, cuenta con un sistema de climatización que consume energía eléctrica del sistema interconectado nacional. Una instalación fotovoltaica se caracteriza por su simplicidad, silencio, su vida útil de larga duración, fácil y escaso mantenimiento y una elevada fiabilidad. Además su inversión se recupera en pocos años de funcionamiento.

Mediante el sistema fotovoltaico se genera energía eléctrica para el sistema de climatización del edificio, a su vez reduce el consumo y dependencia de energía eléctrica al sistema interconectado nacional. Al producir esta energía se obtiene poca o ninguna emisión de carbono ya que la energía solar no genera gases como los combustibles fósiles lo cual contribuye con el cuidado del medioambiente.

Nicaragua cuenta con un gran potencial energético del recurso solar debido a su posición geográfica por ser un país tropical en particular la ciudad de Managua, una instalación solar fotovoltaica permite instalarse en casi cualquier lugar y ser modulares porque se pueden expandir o reducir al igual que los accesorios, permite también la distribución directamente en los puntos de consumo lo que reduce los costos de producción.

ANTECEDENTES

En los años ochenta, varios actores de la sociedad civil iniciaron todo un movimiento en torno al tema de la energía renovable en Nicaragua, habiendo surgido un primer esfuerzo para representar los intereses del sector de las energías renovables en el año 2003, que lamentablemente no logró los resultados esperados en esa época.

Para superar este vacío, varios grupos se juntaron de manera independiente, sumando actores en Managua (Grupo Fénix), León (Grupo de Impulso para la Energía Renovable) y otras ciudades.

A partir del año 2004, algunos líderes del sector de las energías renovables empezaron a hablar de la necesidad de contar con una sola voz para incidir en políticas públicas o contar con un espacio para concertar sobre temas de interés común. Entre ellos se encontraban, desarrolladores, empresarios, líderes comunitarios, donantes, organismos no gubernamentales y personas naturales comprometidos con el mundo de las energías limpias.

En febrero de 2013 se inauguró la primera planta solar fotovoltaica conectada a red con una capacidad de generación de 1.38 MW y 5,880 paneles solares en la comunidad La Trinidad en el municipio de Diriamba¹. Actualmente en el municipio de Tipitapa está construido el parque fotovoltaico más grande de Nicaragua que tiene una capacidad de generación de 3.1 MW y suministra electricidad al parque industrial Zona Franca Astro. Se estima que cubre aproximadamente el 32% del consumo de electricidad de dicho complejo que suministra electricidad al parque que alberga a 26 empresas.²

¹ Ver (Bendaña G., Planta de Energía Solar de la Trinidad, Diriamba, Carazo, 2016)
http://www.temasnicas.net/split104/267_paginartn104.pdf

² Ver (<https://energialimpiaparatodos.com/2015/03/06/5911/>)

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El uso de energía renovable es un gran aporte a nivel internacional, brinda menos contaminación a la sociedad, ecosistemas estables y sostenibles. Lo cual confirma que la energía renovable es la más adecuada a implementar en nuestro país, con las nuevas tecnologías que proporcionan una mayor independencia del combustible fósil aprovechando los recursos naturales entre ellos el sol.

Actualmente Nicaragua ha alcanzado una buena estabilidad energética pero debido a varios factores en ocasiones se suspende el suministro de energía eléctrica y afecta la vida útil de los equipos utilizados en el edificio Marlon Zelaya de la Universidad Nacional de Ingeniería. La Universidad cuenta con un sistema de climatización con utilización de energía producida de combustible fósiles que contribuyen el efecto invernadero.

El recinto Pedro Arauz Palacio (UNI-RUPAP) no utiliza ningún tipo de energía renovable que respalde la demanda energética de las instalaciones que continúa dependiendo del sistema interconectado nacional exponiéndose a posibles cortes eléctricos. Al depender de energía que utiliza como fuente los combustibles fósiles, la institución genera gastos de consumo y emite contaminantes que afectan el medio ambiente.

MARCO TEORICO

Optimización

“Es la acción de buscar la mejor forma de cumplir un propósito, esto quiere decir que es buscar mejores resultados, mayor eficiencia o mejor eficacia en el desempeño de algún trabajo u objetivo a lograr, en este caso del recurso de una institución, llamándose optimización de recursos”.

(gestiopolis.com, 2015)³

Energía renovable

“Las fuentes de energía renovables son aquellas que se producen de forma continua y son inagotables a escala humana. Entre las energías renovables se destacan la eólica, la solar térmica y fotovoltaica, la biomasa, la geotérmica, la hidroeléctrica y la mareomotriz entre otras.”

(Merino Luis, 2012)⁴

Energía solar

“La energía solar es la energía obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del Sol. Es una de las llamadas energías renovables, incluidas en el grupo de energías no contaminantes, también conocidas como energías limpias o verdes. Según la conversión de la radiación solar, esta energía se puede clasificar en:

➤ Energía solar térmica

Convierte la radiación solar en calor que es transferida a un medio para generar trabajo. Por ejemplo, este calor se usa para calentar edificios, agua, mover turbinas para generar electricidad, cocinas solares de media y alta temperatura, secar granos, hojas medicinales, deshidratar frutas entre otras diversas aplicaciones”.

³ Ver (gestiopolis.com/optimización-de-recursos/ 2015)

⁴ Ver (Merino L. , Energías Renovables para todos, 2012)

➤ **Energía solar fotovoltaica**

Consiste en la obtención de electricidad directamente a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica. (Gmmontes.es, 2014)⁵

Radiación Solar

“El Sol es una estrella que en cuyo interior tiene lugar una serie de reacciones de fusión termonuclear que producen una pérdida de masa que se transforma en una gran energía. Esta energía liberada se transmite al exterior en forma de ondas electromagnéticas también conocidas como un flujo de partículas llamadas fotones mediante la denominada radiación solar”.

(Viabilidad de SFCR en Granada - España, 2014)

Posición de la tierra con respecto al sol

“Debido a la inclinación del eje de rotación de la tierra con respecto al plano de su órbita alrededor del sol y a su forma, un mismo punto de la superficie terrestre recibe los rayos con una inclinación diferente, según la época del año y por lo tanto, la energía efectiva que incide en un metro cuadrado de superficie horizontal varía considerablemente.”

(Energía Solar. Aplicaciones prácticas, 2009, pág. 24).

Efecto fotovoltaico

“El efecto fotovoltaico es el fenómeno físico mediante el cual una celda fotovoltaica (dispositivo semiconductor) absorbe y convierte los fotones, comúnmente llamados luz solar, en energía eléctrica. Ahora bien, un fotón es la partícula que porta todas las formas de radiación electromagnética, como por ejemplo la luz visible, los rayos gamma y la luz ultravioleta”.

(Domínguez José A. Energía Alternativa, 3ra ed. 2008).

⁵ Ver (Ruiz A. Instalación Solar Fotovoltaica de Evacuación a Red, 2014)

Célula fotovoltaica

“Las células fotovoltaicas son aquellos dispositivos capaces de convertir, de forma inmediata y directa, la radiación solar en electricidad. El fundamento físico de las células fotovoltaicas es una unión P-N; de esta forma se aprovecha al máximo la característica de los semiconductores de generar energía eléctrica en forma de corriente continua.” (Domínguez José A. Energía Alternativa, 3ra ed. 2008).⁶

Panel fotovoltaico

“Debido a que los valores de voltaje de la célula son de 0,5 V de tensión de operación normal en células de silicio, estas se suelen asociar en serie, paralelo o combinaciones serie-paralelo conformando una estructura conocida como panel fotovoltaico”. (Domínguez José A., Energía Alternativa, 3ra ed. 2008).

Instalaciones Fotovoltaicas (Clasificación)

“Un sistema fotovoltaico es un conjunto de equipos eléctricos y electrónicos que producen energía eléctrica a partir de la radiación solar. El resto de equipos incluidos en un sistema fotovoltaico, dependen en gran medida, de la aplicación a la que está destinada. Los sistemas fotovoltaicos pueden clasificarse en tres grandes grupos: conectado a la red, aislados y combinados.”

(Perpiñán O., Diseño de sistema fotovoltaico, 2012)

- **Sistema conectado a red:** “Producen energía eléctrica para ser inyectada al sistema interconectado nacional. Dado que no debe satisfacer ninguna demanda de consumo de forma directa ni garantizar el mismo, no necesita incorporar equipos de acumulación de energía para cumplir el correcto acoplamiento con la red eléctrica, estos sistemas incorporan un equipo inversor que adecua la potencia producida por el generador fotovoltaico a las condiciones del sistema interconectado nacional.” (Perpiñán O. ,Diseño de sistema fotovoltaico, 2012)

⁶ Ver (Domínguez José A. Energía Alternativa, 3ra ed. Madrid, 2008)

- **Sistema aislado:** “Estos sistemas se emplean sobre todo en aquellos lugares en los que no se tiene acceso al sistema interconectado nacional. Pueden ser con un sistema de baterías que sean capaces de almacenar la energía y regular así la variación entre la generación y el consumo. Son capaces de almacenar la energía durante el día para ser utilizada por la noche que en ocasiones se requiere.”
- **Sistemas híbridos o combinados:** “Los sistemas combinados son instalaciones con otro tipo de generación de energía eléctrica a fin de tener mayores garantías de disponer de electricidad en diferentes épocas del año. Su número es notablemente inferior a las anteriores y en ellas se complementa una instalación fotovoltaica aislada con otro tipo de recurso energético como los grupos electrógenos o aerogeneradores”. (Perpiñán O. , Diseño de sistema fotovoltaico, 2012)

Sistemas fotovoltaicos conectados a red (SFCR)

“Un sistema fotovoltaico conectado a la Red (SFCR) es un sistema cuya función es producir energía eléctrica en condiciones adecuadas para poder ser inyectada en el sistema interconectado nacional. Como se muestra en la figura 1. Un SFCR se compone del generador fotovoltaico, un inversor DC/AC (DC: Corriente Continua; AC: Corriente Alterna) y un conjunto de protecciones eléctricas.

La energía producida por este sistema será consumida parcial o totalmente en las cercanías, y la energía sobrante será inyectada en la red para su distribución a otros puntos de consumo. Un sistema de este tipo desde el punto de vista de la continuidad de servicio resulta más fiable que uno no conectado a la red que en caso de avería no tiene posibilidad de alimentación alternativa. La tarea de los sistemas conectados a la red es la de introducir la mayor cantidad posible de energía”. (Perpiñán O., Diseño de sistema fotovoltaico, 2012)⁷

⁷ Ver (Perpiñán O. , Diseño de sistema fotovoltaico, 2012)

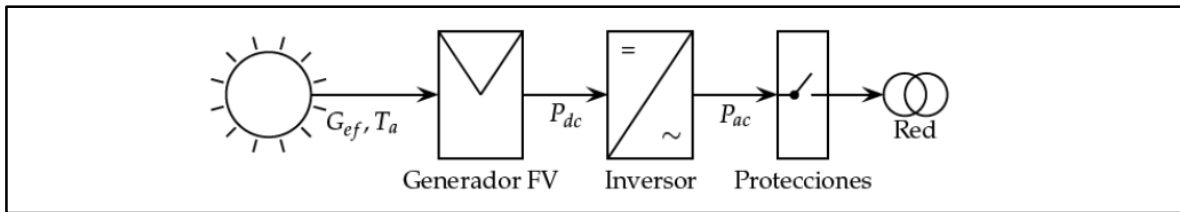


Figura 1. Esquema de un SFV

Sistemas fotovoltaicos conectados a red sobre suelo.

“El diseño de un sistema fotovoltaico conectado a la red (SFCR) sobre suelo tiene como objetivo maximizar la producción energética anual del sistema con el menor costo y la menor ocupación de terreno posibles.

Los sistemas instalados sobre suelo frecuentemente superan la potencia de 100 kW, y en varios casos superan los 50 MW y por tanto, suelen contar con una instalación de evacuación en Media y Alta Tensión. En este tipo de sistema fotovoltaico conectado a la Red (SFCR) una proporción importante del trabajo de ingeniería se dedica al diseño del sistema de interconexión de los módulos para formar el generador, el sistema eléctrico que conecta el generador con los equipos inversores, el sistema de evacuación de red de la energía producida y la red de tierras.”

(Perpiñán O., Diseño de sistema fotovoltaico, 2012)

Sistemas fotovoltaicos conectados en edificación.

“En esta aplicación es prioritario el nivel de integración del elemento fotovoltaico en la estructura del edificio. Por integración fotovoltaica debemos entender la sustitución de elementos arquitectónicos convencionales por nuevos elementos arquitectónicos que incluyen el elemento fotovoltaico, y que por lo tanto son generadores de energía.

En las aplicaciones urbanas conectadas a red, se unen exigencias urbanísticas a las motivaciones medioambientales, donde la integración del elemento fotovoltaico tiene más relevancia.”

Las aplicaciones de integración en edificios más frecuentes:

- Recubrimiento de fachadas
- Muros cortina
- Parasoles en fachada
- Cubiertas planas acristaladas
- Lucernarios en cubiertas
- Lamas en ventanas
- Tejas

(Estudio técnico-económico de un SFCR, 2009)

Centrales fotovoltaicas y huertas solares.

“Recintos en los que se concentra un número determinado de instalaciones fotovoltaicas de diferentes propietarios con el fin de vender la electricidad producida a la compañía eléctrica con la cual se haya establecido el contrato. La energía vendida puede estar a nombre de una persona, una sociedad, etc. (la potencia instalada depende de las dimensiones del generador fotovoltaico). Cada instalación tiene su propietario y todas ellas se ubican en el mismo lugar. Esto posibilita mejoras en el mantenimiento de la instalación, vigilancia, pólizas de seguro, etc.”

(Estudio técnico-económico de un SFCR, 2009)⁸

Componentes de un sistema solar fotovoltaico conectado a red

“Dentro de una instalación solar fotovoltaica tenemos varios dispositivos o equipos que debemos dimensionar para que sea posible la transformación de la radiación solar en energía eléctrica que se inyecta a la red (Ver Figura 2)”.

⁸ (LOPEZ A. ,Estudio técnico-económico de una instalación fotovoltaica conectada a red, Leganés 2009)

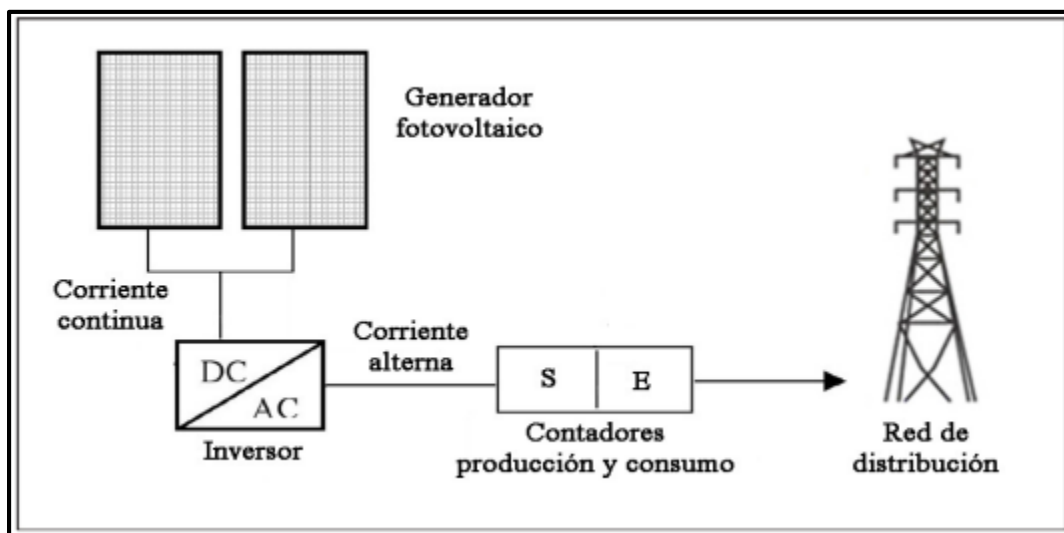


Figura 2. Componentes de un SFCR

Paneles solares

“Los paneles solares son estructuras formadas por la interconexión de células solares en serie- paralelo encapsuladas entre materiales que las protegen de los efectos de la intemperie, son las encargadas de captar la energía procedente del sol en forma de radiación solar y transformarla en energía eléctrica por el efecto fotovoltaico.”(Ver Figura 3).

(Universidad de Piura, 2013)

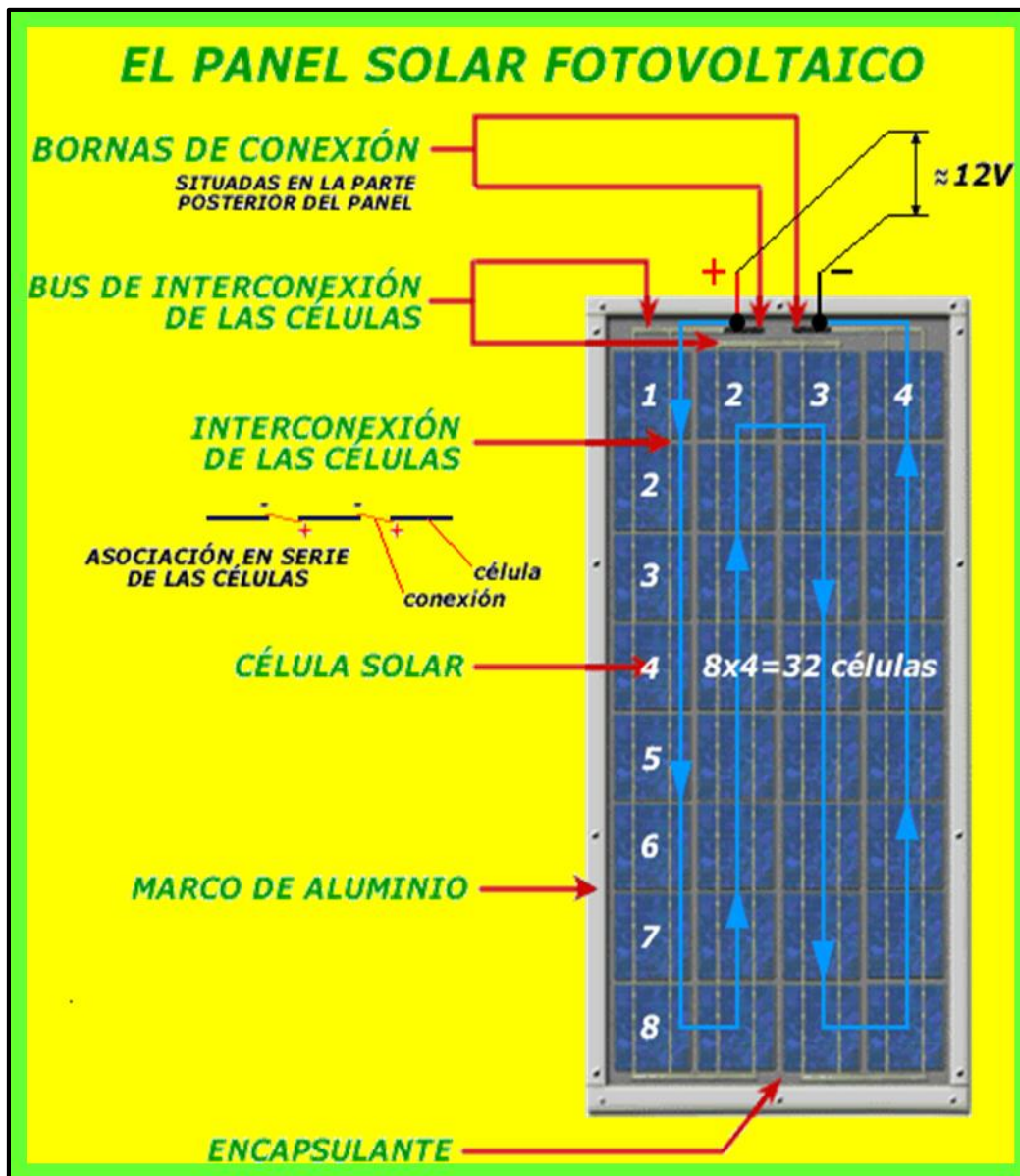


Figura 3. Panel Fotovoltaico

Semiconductores extrínsecos

“Son aquellos que tienen impurezas en la estructura cristalina, estos contienen impurezas de otros elementos. Los semiconductores extrínsecos se muestran normalmente como: Silicio-n y Silicio-p, a continuación se menciona su principal característica:

Los **semiconductores tipo N** son aquellos que tienen un exceso de electrones, su estructura cristalina es de Silicio (Si) dopado con Fosforo (F).

Los **semiconductores tipo P** son aquellos que tienen un exceso número de cargas positivas o huecos, su estructura cristalina es de Silicio (Si) dopado con Boro (Br).” (Universidad de Piura, 2013)

El silicio utilizado actualmente en la fabricación de las células que componen los módulos fotovoltaicos se presenta en tres formas diferentes:

- a) **Silicio monocristalino**
- b) **Silicio policristalino**
- c) **Silicio amorfo**

a) **Silicio monocristalino.** “En este caso el silicio que compone la célula de los módulos está compuesto de un solo cristal. La red cristalina es uniforme en todo el material y tiene muy pocas imperfecciones. El sistema de cristalización es complicado y costoso, pero sin embargo, es el que proporciona la mayor eficiencia de la conversión de la luz en energía eléctrica.” (Gasquet, 2004, págs. 29-30)

b) **Silicio Policristalino.** “No está formado por cristales orientado de la misma forma. Los procesos de cristalización no es tan cuidadoso y la red cristalina no es uniforme en todo el material, pudiendo apreciar la zona donde los cristales tienen una misma orientación. El proceso de cristalización es más barato que el anterior y obtiene rendimiento ligeramente inferiores.” (Gasquet, 2004, págs. 29-30)

c) **Silicio Amorfo.** “No hay red cristalina y se obtiene un rendimiento inferior a los de composición cristalina. Sin embargo, poseen la ventaja, además de su bajo costo, de ser un material muy absorbente por lo que basta una fina capa para captar la luz solar.” (Gasquet, 2004, págs. 29-30)

En la tabla.1 se puede observar los rendimientos actuales de las diferentes tecnologías de modulo solares en fase de comercialización.

Tabla 1. Módulos Solares en fase de comercialización

Eficiencia	
Silicio monocristalino	13 - 17 %
Silicio policristalino	11 - 13 %
Silicio amorfo	7 %

➤ **Módulos de otros materiales:**

“También existen otras tecnologías o procesos de aceptable rendimiento, no todas basadas en el silicio, que se encuentran en fase de desarrollo en laboratorio o iniciando su fabricación en pequeñas plantas. Este es el caso del telurio de cadmio, arseniuro de galio, células bifaciales, etc.”

(Energía Fotovoltaica en la comunidad de Madrid, 4ta ed.)⁹

➤ **Módulos Flexibles**

“Son un tipo de tecnología fotovoltaica semiflexible que se diferencia del clásico modulo ya que las células se encuentran fijadas en una estructura de plástico y con una capa de protección en la parte superior. Se forman mediante células de silicio monocristalino y ofrecen un alto rendimiento. Su uso más habitual es en barcos y yates, autocaravanas y furgonetas, en coches e incluso en carros de golf”. (Energía Fotovoltaica en la comunidad de Madrid, 4ta ed.)

➤ **Células solares de película delgada:**

“El desarrollo de la tecnología fotovoltaica de película delgada es una estrategia para alcanzar la meta de celdas solares a bajo costo. El objetivo actual es obtener delgadas películas policristalinas fabricadas mediante procesos que minimizan la

⁹ Ver (Energía Fotovoltaica en la comunidad de Madrid- Fenercom, 4ta ed.)

manufactura y buena eficiencia.” (Energía Fotovoltaica en la comunidad de Madrid, 4ta ed.)

Parámetros de funcionamiento de un módulo fotovoltaico.

“Para poder entender el funcionamiento, tanto de una célula como de un módulo solar, es conveniente definir los siguientes parámetros de funcionamiento” (Viabilidad de SFCR en Granada - España, 2014)¹⁰

- **Tensión de circuito abierto (VOC):** es el máximo valor de tensión en extremos de la célula y se da cuando no está conectada a ninguna carga.
- **Corriente de cortocircuito (ISC):** es la corriente que se obtiene de la célula cuando la tensión en sus terminales es cero voltios. Constituye la máxima corriente que se puede obtener de la célula.
- **Punto de máxima potencia "PMP" (PM):** Es el producto del valor de tensión máxima ($V_{Máx}$) e intensidad máxima ($I_{Máx}$) para los que la potencia entregada a una carga es máxima.
- **Factor de forma (FF):** Se define como el cociente de potencia máxima que se puede entregar a una carga entre el producto de la tensión de circuito abierto y la intensidad de cortocircuito.
- **Eficiencia de conversión energética o rendimiento:** Se define como el cociente entre la máxima potencia eléctrica que se puede entregar a la carga de máxima potencia (P_M) y la potencia de la irradiación incidente (P_L) sobre el panel.

Estructura de Soporte

“Los paneles fotovoltaicos necesitan ser colocados sobre soportes rígidos, este permite mantener el ángulo de inclinación óptimo, aún en las peores condiciones climáticas.” Existen diferentes tipos de soportes entre ellos:

¹⁰ Ver (Estudio de viabilidad de un sistema fotovoltaico conectado a red, Granada-España, 2014)

- **Soportes fijos:** “La posición más habitual y más sencilla de los paneles es la fija. En este tipo de diseños, los paneles, agrupados, se fijan a una estructura soporte que asegure la orientación e inclinación definida por cálculo. Asimismo, debe garantizar una sujeción segura de los equipos y facilitar el montaje y el conexionado. Los materiales más comunes son el acero galvanizado y el aluminio ya que son estructuras que trabajan a intemperie y a larga duración. Por último mencionar que la estructura fija es la más económica pero presenta menor rendimiento en relación con el costo. Esto se debe a que la estructura siempre mantiene la misma inclinación y no aprovecha la radiación solar como los seguidores solares.”. (Viabilidad de SFCR en Granada - España, 2014)
- **Seguidores Solares:** “Son dispositivos con seguimiento solar donde su función va mucho más allá de la sujeción de los paneles. Se busca en estos casos un incremento en la recepción de energía que, como es de suponer, implica también un aumento del rendimiento y del costo de la instalación. Los dispositivos llevan incorporadas una unidad de control que posiciona el eje en la orientación óptima determinada mediante un programa que lleva en una memoria interna”. (Viabilidad de SFCR en Granada - España, 2014)

Inversor o convertidor CC/CA

“Este dispositivo transforma la corriente continua (CC) generada por los paneles fotovoltaicos en corriente alterna (CA). Los convertidores CC/CA, constan de un circuito electrónico realizado con transistores y tiristores, convierten la corriente continua en una onda cuadrada. Este tipo de onda ya puede ser utilizada después de hacer pasar por un transformador que eleva el voltaje, teniendo entonces los denominados convertidores de onda cuadrada, o bien se filtra para obtener una forma de onda sinusoidal igual a la del sistema interconectado nacional (SIN).

El rendimiento de los inversores tendrá que ser considerado en los cálculos de la demanda de energía, puesto que el rendimiento de estos equipos disminuye al

hacerlo funcionar con una potencia inferior a su potencia nominal. Por esta razón hay que ajustar la potencia del inversor lo mejor posible a las necesidades reales de la instalación.

En el mercado se encuentra una amplia gama de convertidores, ya sea de onda cuadrada o senoidal, la elección de uno u otro se deberá realizar en función del tipo de carga a instalar, lógicamente el convertidor de onda senoidal será el que mejor funciona en todos los casos, pero su costo es más alto.” (Macancela L., 2012)¹¹

Contador

“El contador mide la energía producida por el Sistema Fotovoltaico Conectado a Red (SFCR) durante su periodo de funcionamiento, normalmente se ubica entre el inversor y la red; para cuantificar la energía que se genera e inyecta en la red para su posterior remuneración y para cuantificar también el pequeño consumo del inversor Fotovoltaico (FV) en ausencia de radiación solar. El consumo de electricidad del edificio se realiza desde la red con su propio contador, siendo una instalación totalmente independiente y en paralelo con la instalación Fotovoltaico (FV).”¹²

Los cables de conexión

“Los cables de conexión representan un componente indispensable para el transporte de la energía eléctrica entre los elementos que integran un sistema fotovoltaico. Resulta inevitable que parte de esta energía se pierda en forma de calor, ya que la resistencia eléctrica de un conductor nunca es nula”. (Macancela L., 2012)

¹¹ Macancela L. (2012). Diagnóstico de la implementación de los sistemas fotovoltaicos correspondientes a la primera etapa del proyecto yantsa ii etsari (Tesis de Grado). Universidad de Cuenca, España.

¹² Loaeza F., Carmona C., Tenorio J. (2012). Metodología de un sistema fotovoltaico conectado a red para un uso de iluminarias del edificio 3 de la ESIME Sacatenco (Tesis de grado). México D.F.

La selección de los conductores, en un sistema fotovoltaico es muy importante debido a que:

- El nivel de corriente es alto.
- Los conductores más habituales son de cobre normalmente suelen ir enterrados con los positivos y los negativos de cada grupo de módulos separados y protegidos de acuerdo con la normativa vigente.
- La colocación de los conductores como otros detalles (por ejemplo color, identificación, etc) deberá de seguir las instrucciones del Reglamento de Baja Tensión para las líneas de cableado de la instalación fotovoltaica y de media tensión en la línea que conecta al elevador de potencia de la instalación fotovoltaica con la red eléctrica.
- Este cableado de paneles se realizará con materiales de alta calidad para que se asegure la durabilidad y la fiabilidad del sistema a la intemperie. (Macancela L., 2012)¹³

Características de los conductores eléctricos

“Un conductor eléctrico es un material que ofrece poca resistencia al movimiento de la carga eléctrica”.

Las principales características de los conductores utilizados en instalaciones fotovoltaicas son:

- **Conductor que lo constituye:** los metales empleados como conductores eléctricos para baja tensión son el cobre y el aluminio. El cobre es el más usado, por su mayor conductividad y mejores características mecánicas.
- **Aislamiento:** es la envolvente de material aislante continuo y uniforme en toda la longitud del conductor, con un espesor adecuado para la tensión de

¹³ Macancela L. (2012). Diagnóstico de la implementación de los sistemas fotovoltaicos correspondientes a la primera etapa del proyecto yantsa ii etsari (Tesis de Grado). Universidad de Cuenca, España.

trabajo del cable. Los cables pueden aislarse con varios tipos de materiales aislantes, entre ellos tenemos:

- ✓ Policloruro Vinilo (**PVC**)
 - ✓ Caucho Etileno-Propileno
 - ✓ (**EPR**), Polietileno Reticulado (**XLPE**), etc.
-
- **Cubierta:** es la envoltura externa de material termoplástico o termoestable, no tiene una función eléctrica pero sí de protección. En general debe tener buenas características mecánicas y buenos comportamientos ante agentes externos. (Macancela L., 2012)

 - **Comportamiento de los materiales ante los agentes externos:** en todo tipo de instalación, los cables están sometidos a condiciones adversas, tanto debidos a la propia instalación, como de agentes externos, en los dos casos incide profundamente en la durabilidad de los mismos. Es por ello que los materiales utilizados en aislamientos y cubiertas deben ser los más adecuados para soportar estas adversidades.” (Macancela L., 2012)¹⁴

Protecciones eléctricas

“Considerando que cualquier elemento del sistema fotovoltaico puede fallar, es completamente necesario que tenga una protección adecuada. Las condiciones anormales provocan cambios en las magnitudes de: voltaje, corriente y frecuencia. De la misma forma un corto circuito encierra un incremento considerable de corriente, así como una gran caída de voltaje. Las altas corrientes, asocian a dos problemas en las líneas de conexión eléctrica entre los diferentes equipos que forman el sistema fotovoltaico. El primero corresponde a los esfuerzos dinámicos producidos por las fuerzas magnéticas y el otro, al sobrecalentamiento producido por la disipación de energía.

¹⁴ Macancela L. (2012). Diagnóstico de la implementación de los sistemas fotovoltaicos correspondientes a la primera etapa del proyecto yantsa ii etsari (Tesis de Grado). Universidad de Cuenca, España.

Si se usan fusibles para proteger a los circuitos, de CC (Corriente Continua) o CA (Corriente Alterna), estos deben estar probados y especificados para su uso, tener tamaños y marcas diferentes para cada grupo de corriente y voltaje, para impedir el intercambio fortuito de los mismos.

Para proporcionar la máxima protección y mayor rendimiento (mínima caída de voltaje) en los circuitos ramales (particularmente en los sistemas de 12 y 24 V), la ampacidad de los conductores debería aumentarse, pero la capacidad de los limitadores de corriente que protegen al cable debería ser la menor posible, en concordancia con las corrientes de carga.” (Macancela L., 2012)

Puesta a tierra

“Se define la puesta a tierra como: La conexión conductora por medio de la cual un circuito eléctrico o equipo se conecta tierra o a algún cuerpo conductor de dimensiones relativamente alto que cumple las funciones de la tierra”. (Macancela L., 2012)¹⁵

El sistema de puesta a tierra de un sistema fotovoltaico y de todo sistema eléctrico es muy importante para proteger los equipos y las instalaciones debido a que:

- Obtiene una resistencia eléctrica de bajo valor para derivar a tierra los fenómenos eléctricos transitorios (FETS), corrientes de falla estáticas y parásitas, así como radiofrecuencias.
- Mantiene los potenciales producidos por las corrientes de falla dentro de los límites de seguridad de modo que los voltajes de paso no sean peligrosos para los humanos y/o animales.
- Proporciona un camino de derivación a tierra de las descargas atmosféricas y sobrecorrientes internas del sistema.

¹⁵ Macancela L. (2012). Diagnóstico de la implementación de los sistemas fotovoltaicos correspondientes a la primera etapa del proyecto yantsa ii etsari (Tesis de Grado). Universidad de Cuenca, España.

- Sirve de continuidad de pantalla en los sistemas de distribución, las líneas telefónicas, antenas y cables coaxiales.
- Hace que el equipamiento de protección sea más sensible y permita una rápida derivación de las corrientes defectuosas a tierra.

Para el sistema de puesta a tierra se tiene que considerar, las propiedades del terreno, la principal propiedad a tener en cuenta es la resistividad del terreno. Dentro de este sistema la resistencia de puesta a tierra debe ser la menor posible, y no sobrepasar los límites establecidos por las normas nacionales.”¹⁶

Mantenimiento

“La explotación y mantenimiento de una instalación solar fotovoltaica dependerá de si la instalación es aislada o conectada a red aunque existen una serie de trabajos comunes independientemente de su aplicación. El objetivo del mantenimiento es prolongar la vida útil del sistema, asegurando además el funcionamiento y productividad de la instalación, lo que dependiendo del uso, tiene ventajas para el consumo (aisladas de red) o mejora la retribución económica de la producción (conectadas a red).

El diseño correcto de una instalación fotovoltaica es un elemento más de garantía de funcionamiento. Las revisiones de mantenimiento se reducen a la verificación de equipos y las averías son poco frecuentes en estas instalaciones. El mantenimiento preventivo permite detectar y corregir posibles problemas. El mantenimiento correctivo de reemplazo de equipos por averías, regularización y ajustes de sistemas ante fallos estará incluido en el contrato con la empresa encargada del mantenimiento, aunque frecuentemente, la mano de obra necesaria para estos trabajos, o la sustitución de ciertos componentes fuera de plazo de garantía no suelen estar cubiertas.

¹⁶ Ver código de instalaciones eléctricas de Nicaragua (CIEN)

Finalmente, debe advertirse que el mantenimiento de instalaciones con seguimiento solar, debido al control exhaustivo que hay que realizar de los mecanismos, es sensiblemente superior al de instalaciones fijas.” (Perpiñán O., Diseño de sistema fotovoltaico, 2012)¹⁷

Costo de un Sistema Fotovoltaico (SFV)

“Existen dos conceptos de costo que deben de tenerse en cuenta al considerar la adquisición de Sistema Fotovoltaico (SFV): el costo de inversión y el costo de energía. El costo de inversión de un sistema solar fotovoltaico (SFV) depende de diversos factores, como son:

- La capacidad del sistema.
- La preparación y ejecución del proyecto, lo que incluye diseño, instalación, conexión y puesta en marcha del sistema.
- Las características tecnológicas y económicas de los componentes principalmente los módulos y el inversor.
- Si el sistema se instala en el techo a nivel de piso, o bien, si será un elemento integral de techo y fachadas.

El costo de la energía se refiere al costo por cada kW-h de la electricidad producida por el sistema fotovoltaico (SFV). En el ámbito técnico se denomina costo nivelado de energía y se puede comprobar directamente contra el precio de la electricidad del sistema interconectado nacional. En su determinación intervienen lo siguiente factores:

- El monto de la inversión.
- La eficiencia con la cual se estará efectuando la conversión de energía solar a eléctrica.
- La localidad donde se instalará el sistema.

¹⁷ Perpiñán O. (2012). Diseño de Sistemas Fotovoltaicos. España.

- La vida útil del sistema.

Los sistemas fotovoltaicos (SFV) requieren una importante inversión del capital inicial, pero dependen de las condiciones locales como, la normatividad, radiación solar, espacio disponible, impacto ambiental y su vida útil que es aproximadamente entre los 25 y 50 años, según el mantenimiento que se le aplique al sistema. En algunos casos, la inversión inicial se amortiza solo por el hecho que el costo para electrificar la zona es superior a la instalación de Sistema Fovoltaiico (SFV). En muchas ocasiones el SFV presenta un costo por kWh producido notablemente superior al costo del kWh comprobando del sistema interconectado nacional (SIN). Por ello la rentabilidad de la instalación depende muchos de los incentivos por parte de las administraciones públicas para obtener un costo por kWh producido por un Sistema Fovoltaiico (SFV) comparable a kWh comprobado de la red”.¹⁸

¹⁸ Loaeza F., Carmona C., Tenorio J. (2012). Metodología de un sistema fotovoltaico conectado a red para un uso de iluminarias del edificio 3 de la ESIME Sacatenco (Tesis de grado). México D.F.

CAPITULO I

**Cuantificación del consumo de energía
del sistema de climatización en el edificio**

Marlon Zelaya

1. CUANTIFICACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN EN EL EDIFICIO MARLON ZELAYA

1.1. Ubicación del estudio

El estudio se llevará a cabo en el “Edificio Marlon Zelaya Ubicado en la Universidad Nacional de Ingeniería (Recinto Universitario Pedro Arauz Palacio)”. Ubicada en el Costado Sur de Villa Progreso, Managua-Nicaragua. El sistema fotovoltaico conectado a red se ubicará en el terreno de área libre de la parte trasera del edificio, por lo cual se suplirá el 16% del consumo de energía la cual fue determinado mediante cálculos hechos en este estudio y realizando mediciones con un equipo analizador de calidad de energía.

Sus coordenadas geográficas del edificio son:

Latitud: 12° 08' 09.6" N **Longitud:** 86° 13' 26.1" O **Elevación:** 100 msnm



Figura 4. Ubicación del lugar de estudio

1.2. Consumo energético actual del Edificio Marlon Zelaya.

“La Universidad Nacional de Ingeniería (UNI-RUPAP) se abastece de energía eléctrica de la red comercial suministrada, sujeta a la tarifa T-2D general mayor; carga contratada mayor a 25 kW para uso general (Establecimientos comerciales, oficinas públicas y privadas, centros de salud, centros de recreación, etc.)”. (Instituto Nicaragüense de Energía-INE, 2017).

Los aires acondicionados del edificio Marlon Zelaya registran un consumo total de 7800 kWh/mes tomando en cuenta que se labora 24 días al mes, el cual representa el consumo total de energía eléctrica (**Ver Figura 10**), para estimar este consumo se utilizó el equipo analizador de calidad de energía. No fue posible obtener una facturación para el sistema de climatización del edificio, se solicitó a la administración dicha información y estos argumentaron que no poseen un registro de consumo del edificio Marlon Zelaya y que solo poseen una facturación de toda la UNI-RUPAP.

El costo de la tarifa energética es de 0.17 U\$/kWh. Tomando en cuenta los valores tarifarios que proporciona la página del INE¹⁹ para el mes de Julio del 2017 (**Ver anexo A1**). Las características de la tarifa se describen en la siguiente tabla 2.

¹⁹ Instituto Nicaragüense de Energía Ente Regulador.

Tabla 2. Descripción de la tarifa eléctrica

Media Tensión (Voltaje primario EN 13.8 Y 24.9 kV)²⁰					
Tipo de tarifa	Aplicación	Tarifa		Carga por	
General Mayor	Carga contratada mayor de 25 kW para uso general (Establecimientos comerciales, Oficinas públicas y privadas, Centros de salud, Hospitales, etc.)	Código	Descripción	Energía (U\$²¹/kWh)	Potencia (U\$/kW-mes)
		T-2D	Tarifa Binomio sin medición horaria estacional		
			Todos los kWh	0.17	
			Kw de Demanda máxima		25.98

Fuente: Instituto Nicaragüense de Energía- Ente regulador

A continuación, se describe los resultados de las mediciones realizadas con el equipo de análisis de calidad de energía Fluke 435 (**Ver Anexo A2**), el cual está equipado con avanzadas funciones y capacidades para realizar la medición de energía, sus principales aplicaciones son:

- Captura de los datos de valor medio eficaz (RMS) y reales para ver todas las formas de onda de modo que se pueda determinar cómo interacciona la tensión, corriente, potencias y la frecuencia.

²⁰ Ver Anexo A1. Pliego tarifario en Media Tensión, tomado de www.ine.gob.ni

²¹ En todo el documento se utiliza del tipo de cambio al 31-Noviembre 2017 correspondiente a 30.6292 C\$/USD

- Cuantificación monetaria de la energía. Calcula el costo fiscal de la energía desperdiciada por una pobre calidad eléctrica.
- Análisis de energía, mide el antes y el después para cuantificar las mejoras de la instalación en el consumo de energía, justificando el uso de los dispositivos de ahorro energético.
- Estudio de carga. Comprueba la capacidad del sistema antes de añadir la carga.

1.3. Análisis de las mediciones

El análisis de la calidad de energía se realizó mediante el uso del equipo analizador de calidad de energía, para identificar el voltaje real de operación, amperaje, potencia, factor de potencia y consumo eléctrico de todos los equipos de aire acondicionados en conjunto, el periodo de análisis tomado comprende desde el 13 de Junio al 14 de Junio del año 2017.

Como los aires acondicionados se encuentran seccionados en dos paneles, dicho equipo fue colocado en el panel principal de uno de los lados y se procedió a realizar mediciones puntuales de cada aire acondicionado (**Ver Anexo B1**) para verificar su comportamiento. Los resultados de las mediciones puntuales se presentan en la **tabla 3**, mientras que los resultados obtenidos por el equipo analizador de calidad de la energía se describen a continuación:

Tabla 3. Mediciones puntuales de los equipos de climatización

Lado	Aula	Capacidad (BTU/h)	Potencia (kW)
Sur	1016	60,000	4.02
		36,000	1.63
	1017	60,000	4.86
		36,000	2.23
	1018	60,000	4.34
		36,000	2.84
	1022	60,000	3.24
		36,000	1.73
	1023	60,000	4.34
		36,000	2.54
	1024	60,000	4.13
		36,000	3.18
Total			39.08
Lado	Aula	Capacidad (BTU/h)	Potencia (kW)
Norte	1019	60,000	4.53
		36,000	4.26
	1020	60,000	4.06
		36,000	3.14
	1021	60,000	3.86
		36,000	2.56
	1025	60,000	4.46
		36,000	2.28
	1026	60,000	3.17
		36,000	2.78
	1027	60,000	2.56
		36,000	1.28
Total			38.94

En la tabla anterior se muestra la demanda de energía en ambos lados del edificio Marlon Zelaya, se observa que la demanda de cada equipo es prácticamente la misma por lo que en el estudio, se toma el análisis de uno de los lados y luego se estima el cálculo para el edificio total, esto es debido a que no existe un punto de conexión que agrupe todo el sistema de climatización del edificio. En el edificio también existen otros cuatro aires acondicionados, los cuales se reflejan las mediciones puntuales en la siguiente tabla 4 (**Ver anexo B2**):

Tabla 4. Mediciones puntuales de los equipos de climatización

Oficinas	Capacidad (BTU/h)	Potencia (kW)
Deporte	60,000	2.38
	18,000	1.32
Cultura	18,000	1.43
CER	36,000	1.58
Total		6.71

Estos aires acondicionados se encuentran en un centro de carga diferente al de los aires acondicionados de las aulas de clases, para poder incluir la demanda de estos equipos dentro del dimensionamiento se debe de hacer una modificación del sistema eléctrico en el edificio y anexar estos equipos en cualquiera de los dos centros de cargas que incluyen el resto de los equipos de climatización.

Para efectos de cálculos, ya que actualmente esos cuatros aires se encuentran separados en otro centro de carga, esos equipos se van a omitir y si se llegan a incluir en un futuro en el mismo centro de carga con los demás aires esto no implicaría modificación en el sistema fotovoltaico (SFV) propuesto, debido a que el dimensionamiento actual se realiza para suplir el consumo base de estos equipos.

1.3.1. Voltaje de suministro

El desbalance trifásico es el fenómeno en donde las tensiones y ángulos entre fases consecutivas no son iguales. El balance perfecto entre fases es inalcanzable sin embargo, se puede realizar una aproximación dentro de rangos aceptables como el 3% dentro de las instalaciones eléctricas de la industria después del medidor en baja tensión, o 5% incluyendo la acometida y circuitos derivados²². A continuación, se detalla el comportamiento del voltaje de fases registrado en la alimentación del panel principal del edificio Marlon Zelaya:

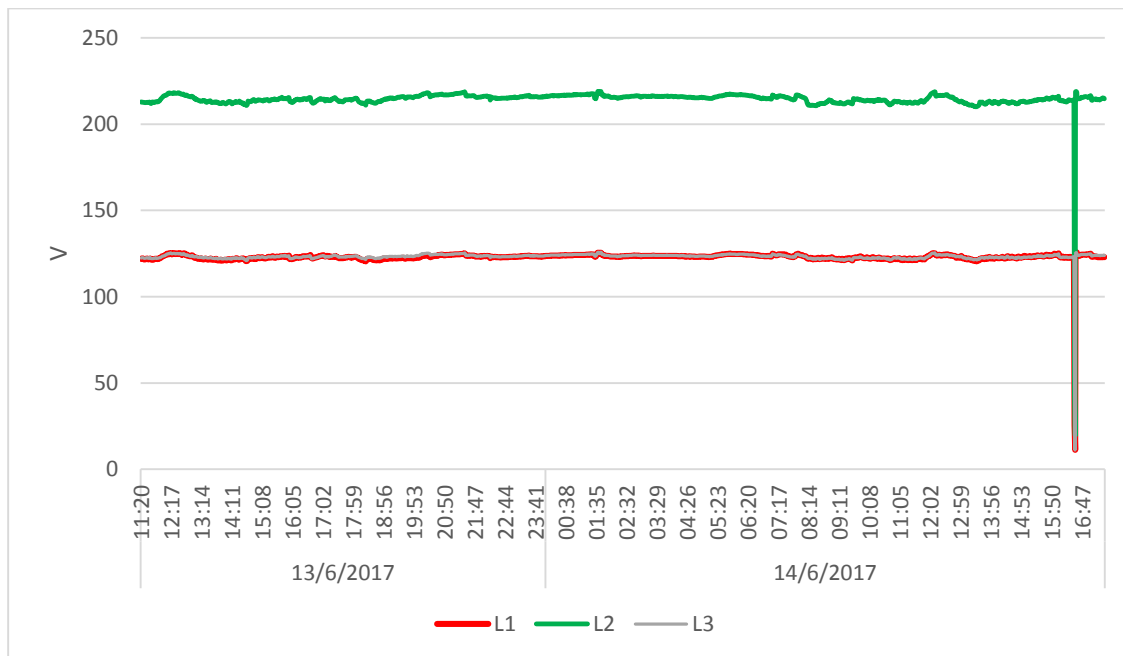


Figura 5. Comportamiento del voltaje de fases del Edificio Marlon Zelaya

En la Figura 5 se muestra que la conexión de estos equipos es una conexión en estrella con voltaje de operación 120/208 V. Cabe mencionar que según la conexión del alimentador el voltaje en el secundario debería ser de 120 V con una tolerancia de $\pm 10\%$, por lo que los valores máximos y mínimos encontrados rondan entre 108 V y 132 V, el valor se encuentra estable dentro del rango nominal del sistema y se considera normal para la operación de los equipos eléctricos alimentados.

²²Ver código de instalaciones eléctricas de Nicaragua (CIEN)

1.3.2. Corriente de suministro

Para determinar los desbalances en las mediciones realizadas, se analizó la situación de la carga de cada una de las fases que alimentan los equipos de climatización en las que trabajan con voltajes de 120/208 V. A continuación, se presenta la carga (en amperios) para cada una de las fases:

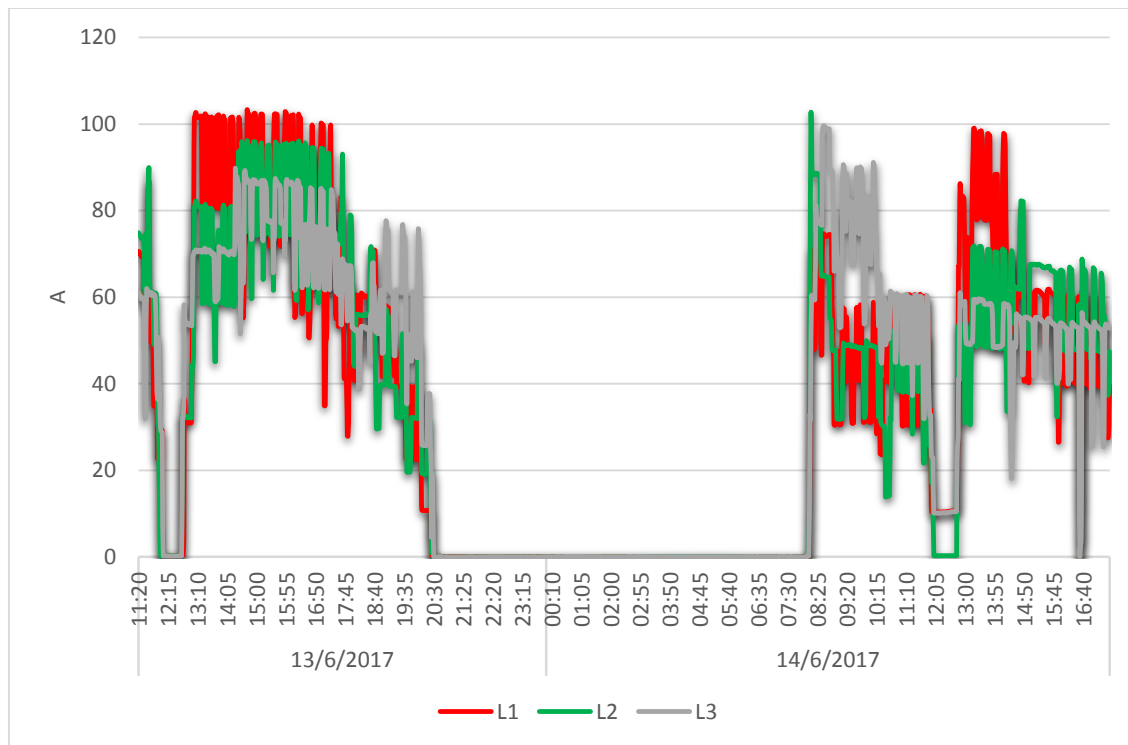


Figura 6. Comportamiento de Intensidad de Corriente para cada fase

Para determinar el desbalance de carga de entre las fases se toma en cuenta la siguiente formula:

$$\% \text{desbalance} = ((I_{\text{fase mayor}} - I_{\text{promedio}}) / I_{\text{promedio}}) * 100 \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde:

%desbalance: Porcentaje de desbalance de carga entre las fases.

$I_{\text{fase mayor}}$: Corriente eléctrica de fase mayor.

$I_{\text{fase promedio}}$: Corriente eléctrica de fase promedio.

A continuación, se muestra el porcentaje desbalance de carga de las líneas de los equipos de climatización para las horas efectivas de uso.

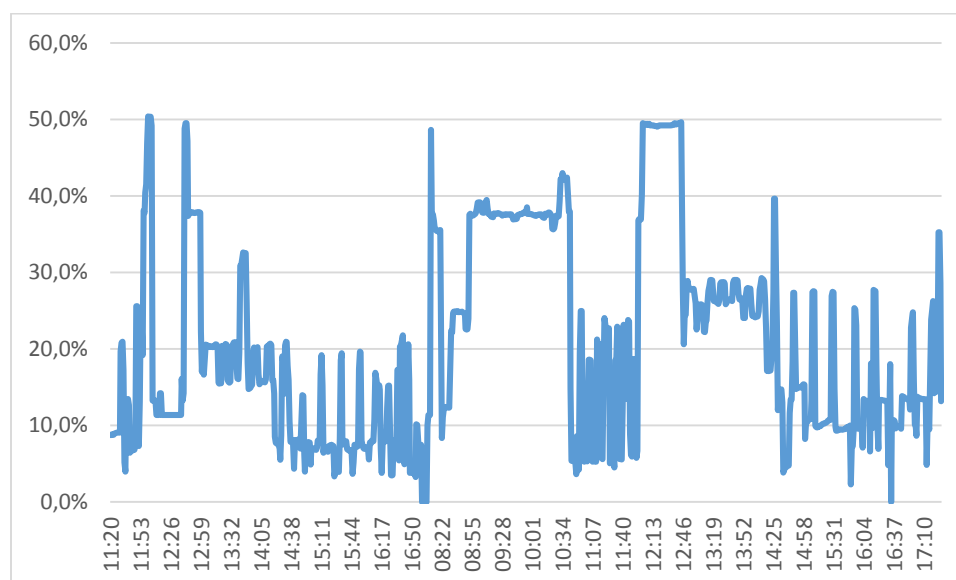


Figura 7. Comportamiento de Intensidad de Corriente para cada fase

El **porcentaje de desbalance de corrientes oscila entre el 7% y el 20%** entre los valores de cada fase registrados durante la medición, principalmente la línea 3, se encuentran con menos carga que el resto de las líneas, lo cual afecta al sistema en general ocasionando corrientes de fuga en la línea de neutro desestabilizando al sistema trifásico.

El desequilibrio de corriente no debe exceder de 5% de la carga del factor de servicio o de 10% a plena carga²³, es decir que el panel de los aires acondicionados posee un valor de desbalance por corriente superior al 10% por lo que está fuera del rango permitido aceptable, por mucho más del porcentaje permitido. Sin embargo si el desequilibrio no puede ser corregido al voltear las líneas, el origen del desequilibrio debe ser localizado y corregido, no obstante el porcentaje de desbalance indica que la línea 3 tiene más que carga que el resto por lo que se debe realizar un balance

²³ Ver NEC 2011, Porcentaje de desbalance por corriente.

adecuado en los paneles eléctricos dentro de las instalaciones de la empresa para dejar este valor de desbalance por debajo del 10% aceptable según el NEC 2014.

1.3.3. Análisis de demanda de potencia

Las curvas de carga permiten obtener información sobre qué nivel de carga se encuentra una variable a lo largo del tiempo, o de la forma en que evoluciona una variable a lo largo de un periodo definido. La curva de carga de potencia que se obtuvo de las mediciones se refleja a continuación.

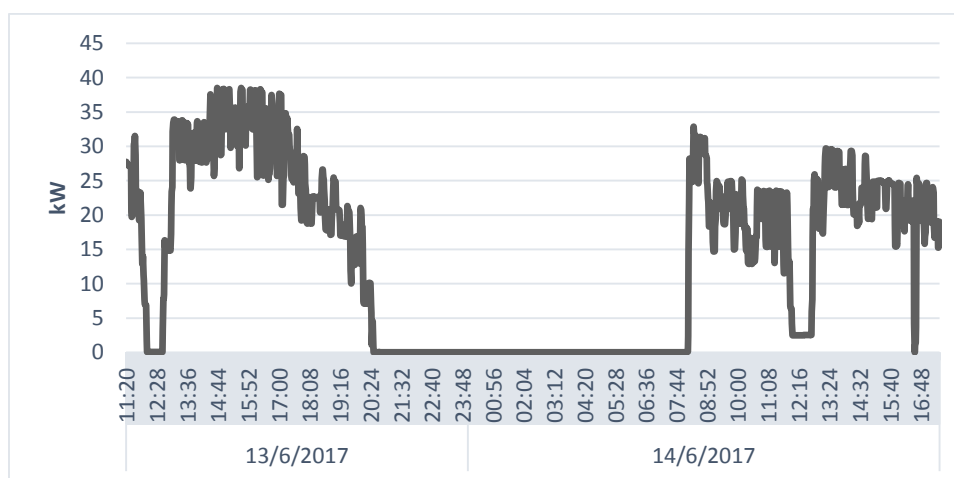


Figura 8. Comportamiento de carga de Potencia

Si se agruparan los términos que componen la curva de carga obtenida con el origen en el eje de las abscisas a las doce 00:00 am y su fin a las 11:49 pm, se obtendrá el comportamiento típico de un día de trabajo, esto se asume de tal manera debido a que en dichos paneles solo se encuentran conectados los aire acondicionados y se estima que estos no varían su rutina de trabajo a lo largo del año.

Este análisis se realizó considerando un día de trabajo de los aires acondicionados, debido a la necesidad de alquilar un equipo denominado analizador de calidad de energía (fluke 435) y el costo que esto implica (**Ver el anexo A4**). Esta curva diaria se muestra en la siguiente figura 9.

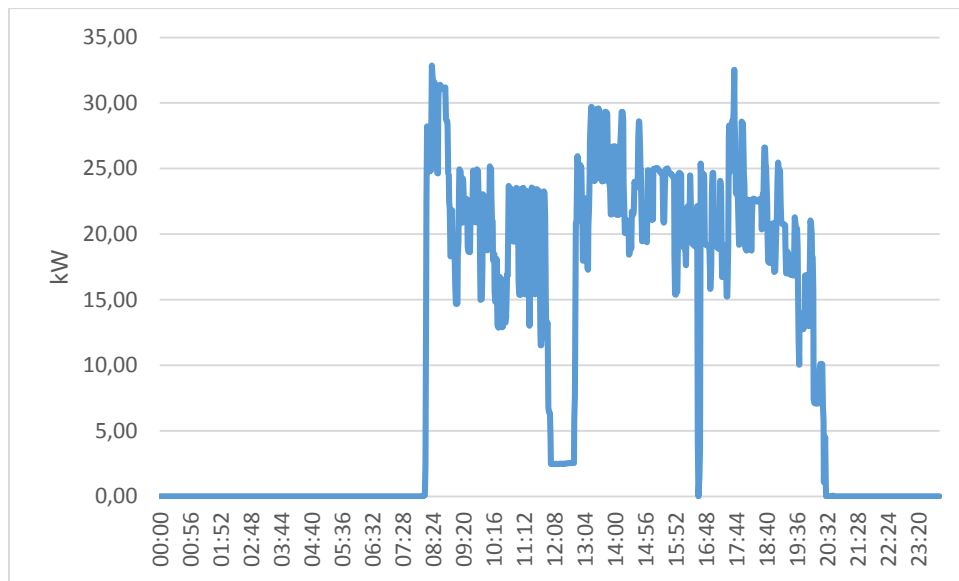


Figura 9.Comportamiento típico de un día de trabajo

De la figura anterior se tienen los siguientes comentarios:

- El encendido de los aires acondicionados se da alrededor de las 8 de la mañana de cada día, todos los equipos de climatización son encendidos simultáneamente por lo que registra un pico máximo superior a los 30 kW.
- La demanda típica de trabajo durante el período normal de operación varía entre los 20 kW y los 30 kW.
- A la hora de almuerzo (entre las 12:00 pm y la 1:00 pm) los equipos son apagados.
- No existe variación significativa en el uso de los equipos de climatización entre los turnos matutinos y vespertinos.
- En el turno nocturno, el uso de los equipos de climatización es menor, puesto que la demanda siempre es inferior a los 20 kW.
- El apagado total de los equipos de climatización es entre las 8:00 pm y las 8:30 pm, y estos se hacen de manera paulatina.

Para conocer el consumo de energía de estos equipos, se procede a realizar la simulación mediante la curva monótona, esta curva es la agrupación en orden

descendente de los datos obtenidos por equipo el equipo analizador de calidad de la energía. Se realizan segmentos de carga según la pendiente de dicha curva para minimizar los errores en la estimación del consumo. La curva monótona de estos equipos se da en la siguiente Figura 10.

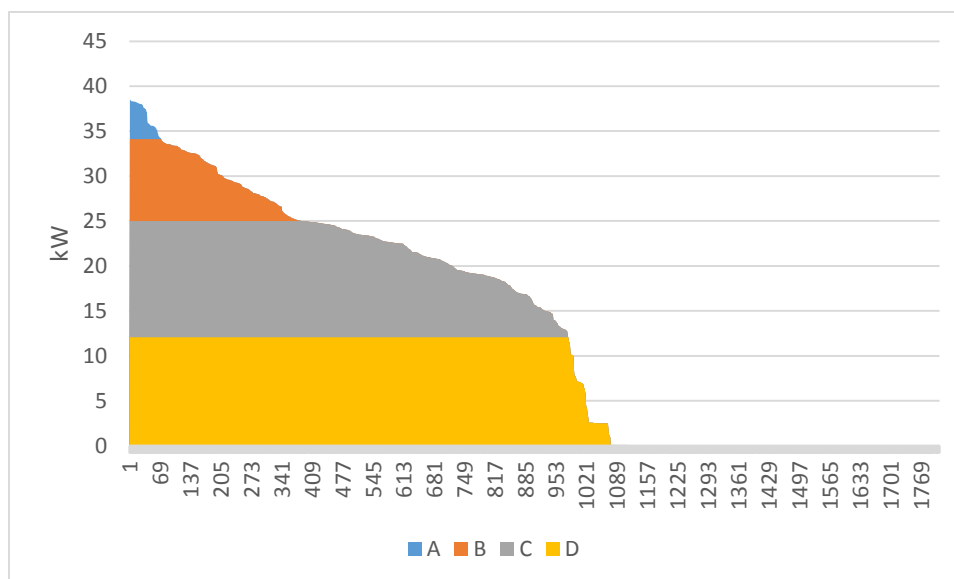


Figura 10. Curva Monótona de los equipos

De la figura anterior se tienen los siguientes comentarios:

- El segmento A corresponde al pico de encendidos de los equipos, en este segmento se encuentran agrupada todas los datos cuya demanda es superior a 34 kW, siendo el pico más alto 39 kW estos datos representan el 4% de las mediciones equivalentes a 1 hora al día, la demanda promedio registrada en este período de tiempo es de 37 kW y el consumo diario registrado es equivalente a 37 kWh al día.
- El segmento B corresponde al período típico de trabajo de los equipos, este segmento representa el 17% de las mediciones equivalentes a una demanda típica de 30 kW, en este segmento se agrupan todas las mediciones con demanda inferior a 34 kW y superior a 25 kW, el tiempo aproximado que los equipos permanecen en este segmento es de 4 h, tomando en cuenta estos

datos se obtiene que este segmento presenta una demanda de energía de 120 kWh/día.

- El segmento C representa todas las mediciones entre 12 kW y 25 kW, estas mediciones representan el 33% del total de mediciones equivalentes a aproximadamente 8 h al día con una demanda promedio de 20 kW lo que da como resultado 160 kWh al día de consumo.
- El segmento D son todos los datos cuya demanda es inferior a 12 kW, representan el 46% de las mediciones que corresponden a 11 h al día y una demanda promedio de 1 kW, por lo que su consumo diario es de 11 kWh.

Sumando el consumo de energía de cada segmento se obtiene un valor de 328 kWh al día, tomando en cuenta que los equipos trabajan 24 días al mes, se estima que el consumo de energía de estos equipos corresponde a aproximadamente 7,800 kWh/mes.

Tomando en cuenta que en la **tabla 2** se tiene los costos del pliego tarifario vigente y en las figuras 8 y 9 se tienen la demanda de energía y el consumo de energía, se procedió a realizar la estimación del costo energético del edificio Marlon Zelaya. A continuación, se detalla dicha estimación.

Tabla 5. Costo energético del edificio

Consumo y demanda		
	Consumo de energía (kWh/mes)	Demanda de energía (kW)
Lado norte	7,800	39
Lado sur	7,800	39
Total del edificio	15,600	78
Costo de operación		
Consumo de energía	0.17	USD/kWh/mes
Demanda de energía	25.98	USD/kWh
Costo total		
Consumo de energía	2652	USD/mes
Demanda de energía	2,026.44	USD/mes
TOTAL	4,678.44	USD/mes
KWh/mes	USD/mes	USD/kWh
15,600	4,678.44	0.2999

Con estos datos obtenemos la línea base actual para el cálculo energético, la cual corresponde a 0.29 USD/kWh, este costo será el valor utilizado para cuantificar la viabilidad del proyecto.

Para la instalación de los equipos de climatización se tuvo que adicionar un banco de transformadores nuevos, el equipo analizador de calidad de energía dio el factor de potencia general de los equipos que cuyo valor promedio es de 0.85 (Ver figura 11). Según este valor se procedió a realizar el factor de carga de los equipos consumidores, para ello se utiliza la siguiente ecuación.

$$FC = \frac{P_T \div F_P}{\text{Capacidad del banco de transformadores}} \quad \text{Ec. (2)}$$

Donde:

FC: Factor de carga

P_T : Potencia Total

F_P : Factor de potencia

La potencia de energía de uno de los lados según el analizador de redes es de 39 kW

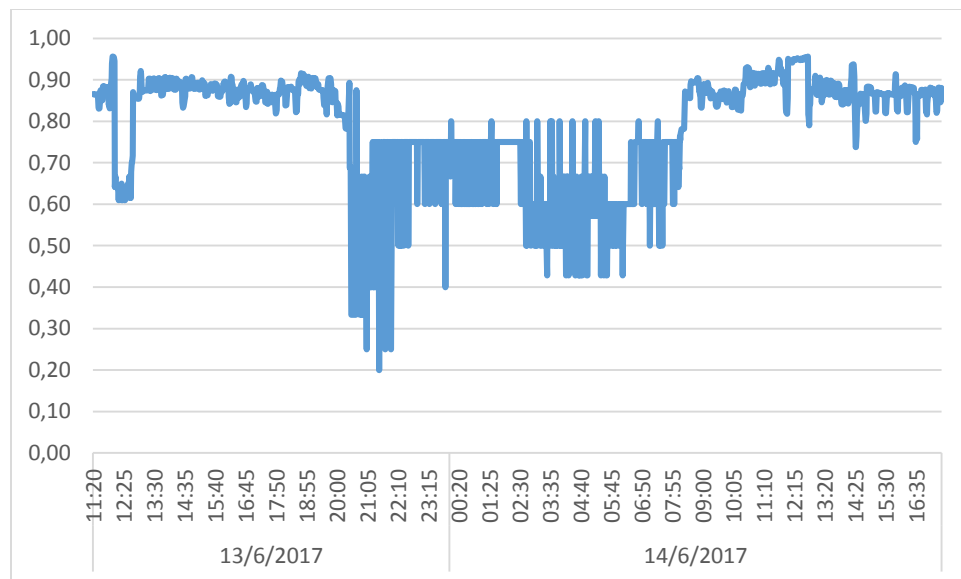


Figura 11. Curva de factor de potencia

La potencia total en todo el edificio sería de 78 kW. Tomando en cuenta que el factor de potencia es 0.85 y se tiene un arreglo en los bancos de transformadores de 3X75 kVA, el factor de carga de los transformadores del edificio es de aproximadamente el 40%.

CAPITULO II

**Cálculo y dimensionamiento del sistema
fotovoltaico conectado a red del edificio
Marlon Zelaya para el sistema de
climatización.**

2. CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A RED

2.1. Paneles Solares.

Mediante el análisis realizado se obtuvo un consumo diario de energía de 328 kWh y con 15 kW de potencia a suministrar a los sistemas independientes de climatización, se propone un proveedor de modulo fotovoltaico. Una de las principales razones para seleccionar los módulos es la eficiencia y potencia pico, debido que a mayor eficiencia y potencia pico, menor número de módulos por instalación y área a utilizar.

En este caso el módulo solar propuesto es el modelo MAXPOWER CS6U-330P de material policristalino del fabricante Canadian Solar ya que son ideales para espacio de tierra. También son ideales para los consumidores con un presupuesto ajustado que buscan maneras de mantener los costos de instalación al mínimo. **(Ver Anexo A5)**



Figura 12. Módulo FV policristalino MAX MAXPOWER CS6U-330P

Tabla 6. Características principales del módulo solar

Modulo Canadian Solar-Max Power CS6U-330P	
Condiciones estandar /STC (Standard Test Conditions)	Irradancia: 1000 W/m² Temperatura de celda: 25 °C
Características Eléctricas	
Potencia Máxima (P Máx)	330 W
Corriente Optima de Funcionamiento (Imp)	8.88 A
Voltaje Optimo de Funcionamiento (Vmp)	37.2 V
Corriente en cortocircuito (Isc)	9.45 A
Voltaje en circuito abierto (Voc)	45.6 V
Voltaje Máximo del sistema (Vmáx)	1000 V
Temperatura de operación	-40°C - +85°C
Eficiencia	16.97%
Dimensiones	
Longitud	1960 mm
Anchura	992 mm
Espesor	40 mm
Peso	22.4 Kg
Coefficiente de Temperatura	
$\alpha_{VPmáx}$	0.41%/°C
α_{Voc}	0.31%/°C
α_{Isc}	0.053%/°C

Fuente: ECAMI S.A

2.2. Inversores.

El inversor propuesto es el modelo SMA SUNNY TRIPOWER 15000TL del fabricante SMA IBERICA y está especialmente indicado para las instalaciones fotovoltaicas de conexión a red. El inversor es escogido para una instalación eléctrica diseñada de forma óptima en la que todos los valores eléctricos límite se cumplan con seguridad.

Se considera que el inversor a utilizar debe proporcionar la potencia que pueda estar conectada al sistema y las características de la instalación (monofásica, trifásica, etc), tensión nominal de 360V-800V/600V de corriente alterna, 3 fases. **(Ver Anexo A6)**



Figura 13. Inversor STP- 15000 TL

Fuente: ECAMI S.A.

Tabla 7. Características principales del inversor.

INVERSOR SMA- SUNNY TRIPOWER (STP) 15000 TL	
Entrada de Corriente CC	
Potencia máxima de CC	15, 340 W
Voltaje máximo de entrada	1000 V
Rango de tensión MPP	360 V a 800 V
Rango máximo de corriente	33 A
Salida de Corriente CA	
Potencia asignada	15000 W
Factor de potencia	1
Corriente máxima de salida	24 A
Rango de tensión de CA	160 V a 280 V
Frecuencia de red de CA	50 Hz / 60 Hz
Sistemas	
Máxima eficiencia	98.20%
Peso	59 Kg
Dimensiones (ancho/alto/fondo)	(665mm/690mm/265mm)

2.3. Dimensionado de un inversor

Los inversores deben dimensionarse de dos formas:

- La primera es considerando la potencia eléctrica que el inversor puede suministrar durante su funcionamiento normal de forma continua. Los inversores son menos eficientes cuando se utilizan a un porcentaje bajo de su capacidad. Por esta razón no es conveniente sobredimensionarlos, deben ser elegidos con una potencia lo más cercana posible a la de la carga de consumo.
- La segunda forma de dimensionar el inversor es mediante la potencia de arranque. Algunos inversores pueden suministrar más de su capacidad nominal durante períodos cortos de tiempo. Esta capacidad es importante cuando se utilizan motores u otras cargas que requieren de 2 a 7 veces más

potencia para arrancar que para permanecer en marcha una vez que han arrancado (motores de inducción, lámparas de gran potencia).

2.4. Cálculo de módulos fotovoltaicos

Considerando las especificaciones de módulo fotovoltaico que se encuentra en el anexo 2 y la potencia requerida, se calcula el número de módulos necesarios para el sistema fotovoltaico conectado a red.

$$\text{Número total de paneles} = \frac{\text{Potencia requerida}}{\text{Potencia del panel seleccionado}} \quad \text{Ec.(3)}$$

$$\text{Número total de paneles} = \frac{15000 \text{ Watts}}{330 \text{ Watts}}$$

$$\text{Número total de paneles} = 45.45 \cong 45 \text{ paneles}$$

De acuerdo al cálculo se tienen que utilizar 45 paneles fotovoltaicos para cubrir la carga requerida del sistema de climatización.

Tabla 8. Datos del panel fotovoltaico

Colectores Eficiencia (%)	Potencia requerida (kW)	Área total	Área del panel (m²)	Numero de paneles
16.97%	15	88.39	1.96	45

2.5. Cálculo del arreglo de los paneles fotovoltaicos

Para calcular el número de paneles en serie que se conectan para un inversor, se emplea la ecuación 4. Y para calcular el número de paneles en paralelos, se emplea la ecuación 8. El arreglo de los paneles fotovoltaicos (FV) se determina con base a las especificaciones de entrada del inversor y especificaciones de salida del panel fotovoltaico.

$$\text{Número de paneles en serie} = \frac{V_{\text{inv.}}}{V_{\text{modulo}}} \quad \text{Ec.(4)}$$

Dónde:

$V_{\text{inv.}}$: Tensión de entrada del inversor.

$V_{\text{moduló}}$: Tensión del módulo fotovoltaico

Se considera un promedio de tensión de entrada del inversor entre el intervalo de 330V y 800V de las especificaciones para tomar un solo valor de tensión de entrada.

$$V_{\text{inv}} = \frac{360V + 800V}{2} = 580V$$

Aplicando la ecuación 4 se obtiene el número de filas en serie.

$$\text{Número de paneles en serie} = \frac{580V}{37.2V} = 15.59 \cong 15$$

Tensión de paneles en serie en un punto máximo de potencia.

$$\text{Tensión máxima de entrada} = (N_s) * (V_{\text{modulo}}) \quad \text{Ec.(5)}$$

Dónde:

N_s : Número de paneles en serie.

$V_{\text{moduló}}$: Tensión del módulo fotovoltaico.

$$\text{Tensión máxima de entrada} = (15 \text{ paneles})(37.2V) = 558V$$

Tensión en circuito abierto de los paneles en serie

$$\text{Tensión en circuito abierto de paneles en serie} = (N_s) * (V_{oc}) \quad \text{Ec.(6).}$$

Dónde:

N_s : Número de paneles en serie.

V_{oc} : Tensión circuito abierto del panel

Tensión en circuito abierto de paneles en serie =(15paneles)(45.6V)=684V

Potencia por paneles en serie

$$\text{Potencia por paneles en serie} = \frac{(N_s)(P. \text{ máx. panel})}{1000} \quad \text{Ec.(7)}$$

Dónde:

N_s : Número de paneles en serie.

P. máx. panel: Potencia Máxima nominal del panel

1kW: 1000 Watts

$$\text{Potencia por paneles en serie} = \frac{(15 \text{ paneles})(330W)}{1000 \text{ W}} = 4.95 \text{ kW}$$

Aplicando la ecuación 8 se obtiene el número de paneles en paralelo.

$$N_p = \frac{\text{Número total de paneles}}{N_s} \quad \text{Ec.(8)}$$

Dónde:

N_p : Número de paneles en paralelo.

$$N_p = \frac{45 \text{ paneles}}{15 \text{ paneles}} = 3$$

Con los paneles en serie y paralelo, el arreglo quedaría como se muestra en la figura 14.

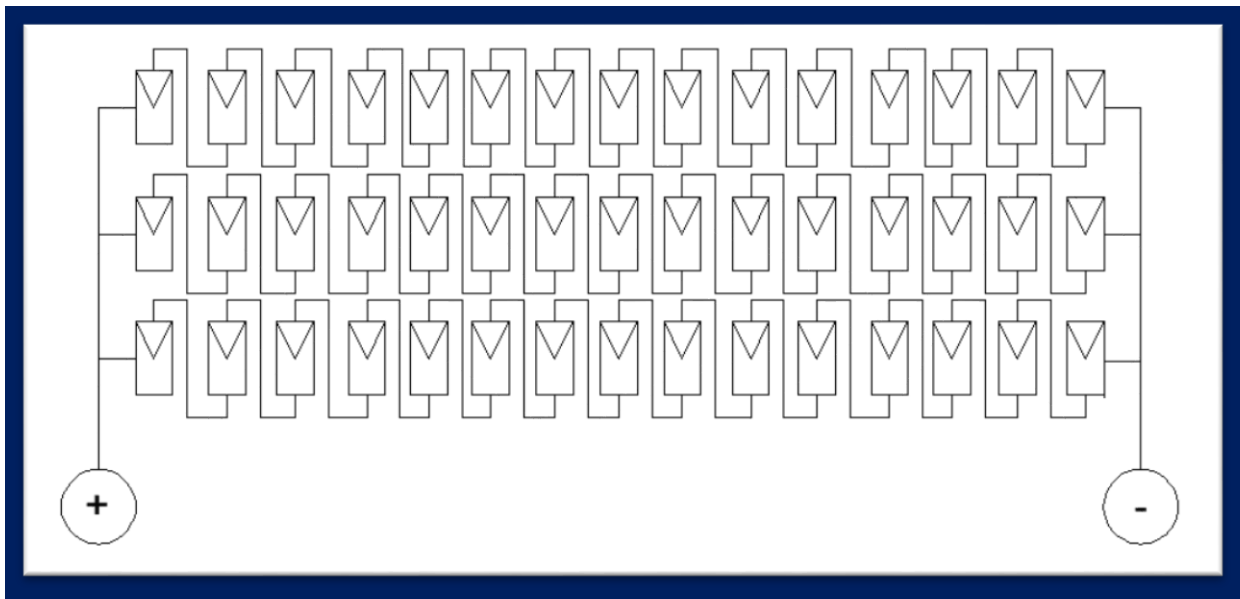


Figura 14. Arreglos de módulos fotovoltaicos

Fuente: Elaboración propia

Se observa que cada fila está integrada por 15 módulos en serie y 3 módulos en paralelo, por lo que se tiene 15 módulos conectados por inversor. Para asegurar si la tensión de los 15 módulos en serie no rebasa la tensión de entrada del inversor se hace la siguiente comprobación, multiplicando el número de módulos en serie por la tensión de salida de cada módulo.

$$(15\text{Módulos})(37.2\text{V})= 558\text{V}$$

El valor de la tensión de los módulos se encuentra dentro del intervalo de tensión del inversor que es entre 330V y 800V, por lo que el arreglo es correcto. Al igual que los módulos en serie, se hace la misma comprobación para los módulos en paralelos, en este caso se multiplica la corriente de salida del módulo por el número de módulos en paralelo.

$$(3\text{ módulos})(8.88)= 26.64\text{A}$$

El valor de la corriente de los módulos se encuentra dentro del valor de corriente de entrada del inversor que es de 33 Amperios, por lo que es correcto el arreglo.

2.6. Determinación del número de los inversores

Tomando el total de módulos fotovoltaicos en el arreglo y el número de módulos que necesita el sistema (sistema fotovoltaico) FV para cubrir la carga, el número de inversores se obtiene de ecuación 9.

$$\text{Número de inversores} = \frac{\text{Total de paneles}}{N_s * N_p} \quad \text{Ec.(9)}$$

$$\text{Número de inversores} = \frac{45}{3 * 15} = \frac{45}{45} = 1 \text{ inversor}$$

Para asegurar que el inversor cubre la potencia requerida por la carga del sistema de climatización, se hace la siguiente comprobación, multiplicando el número de inversores por la potencia de salida del inversor.

$$(1 \text{ inversor})(15340W) = 15.340 \text{ kW}$$

Corriente máxima de entrada del inversor

$$I_{\text{max.entrada,inv}} = (N_p) * (I_{SC}) \quad \text{Ec.(10)}$$

$$I_{\text{max.entrada,inv}} = (3)(9.45A) = 28.35 \text{ A}$$

Dónde:

N_p : Número de paneles en paralelo.

$I_{\text{máx, entrada, inv}}$: Corriente máxima de entrada del inversor.

I_{SC} : Corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico.

El valor de la potencia del inversor (15.340 kW) es mayor que la potencia total de la carga (14.85 kW) por lo que el número de inversores es adecuado para el sistema fotovoltaico. Y una corriente máxima de cortocircuito de entrada al inversor de 28.35 Amperios.

2.7. Cálculo de inclinación.

2.7.1. Declinación solar

Debemos de conocer la declinación solar es el ángulo entre la línea Sol-Tierra y el plano ecuatorial celeste (δ), en un momento determinado del año. En este caso, elegimos el día central de cada mes y aplicando la ecuación siguiente obtendremos dichos valores:

$$\delta = 23.45 \sin \left(360^\circ \cdot \frac{284 + \delta_n}{365} \right) \quad \text{Ec.(11)}$$

δ =Declinación (grados).

δ_n =Día del año (1.....365, tomando 1 para el primer día de enero).

En este caso se toma la tabla promedio de Declinación disponible que proporciona la NASA²⁴ meteorología de la superficie y energía solar, según las coordenadas geográficas del edificio.

Tabla 9. Declinación en grados

Lat12.136 Lon86.224	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Promedio	-20.7	-12.3	-1.81	9.70	18.8	23.0	21.2	13.7	3.09	-8.45	-18.1	-22.8

Fuente: NASA

Sobra decir, que la declinación no es para un lugar en específico, sino que es la desviación del eje de rotación para todo el planeta.

2.7.2. Obtención de la inclinación

Para que la superficie reciba la radiación solar óptima, se tiene que variar el ángulo de inclinación desde $\beta = \varphi - \delta$ en el solsticio de verano a $\beta = \varphi + \delta$ en el solsticio de invierno, pasando por el valor $\beta = \varphi$ en los equinoccios.

²⁴<https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?email=skip%40larc.nasa.gov&step=1&lat=12.136&lon=86.223&submit=Submit>

Donde:

β =Inclinación

φ =Latitud

δ =Declinación

En este caso el proyecto está ubicado a la latitud de **12° 08' 09.6" N**

Aunque hay generadores fotovoltaicos que son capaces de seguir la trayectoria solar, lo habitual es que la superficie del generador sea de orientación fija. La orientación óptima será un valor constante, con una inclinación (β) que depende de la latitud (φ) del lugar y un acimut (α) que depende del hemisferio en el que está situado el generador.

La figura 15, muestra una superficie situada en el hemisferio norte, donde el Sol sigue una trayectoria Este-Sur-Oeste. Si se pretende maximizar la captación de energía solar, la superficie tendrá que estar orientada hacia el Sur y por lo tanto el ángulo de acimut es Angulo que forma el meridiano con el círculo vertical que pasa por un punto de la esfera celeste o del globo terráqueo. (α) debe ser nulo. El acimut óptimo para que una superficie fija reciba la mayor cantidad posible de energía solar debe ser cero ($\alpha = 0^\circ$), la superficie se debe orientar hacia el Sur si está situada en el hemisferio norte o hacia el Norte si es está en el hemisferio sur.

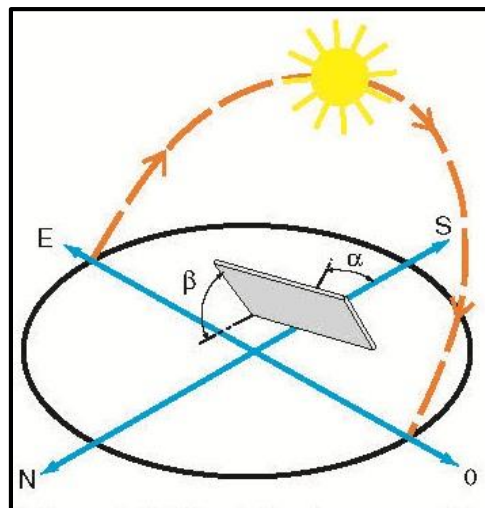


Figura 15. Acimut e Inclinación

Para determinar la inclinación óptima de una superficie fija se usa una fórmula basada en análisis estadísticos de radiación solar anual sobre superficies con diferentes inclinaciones situadas en lugares de diferentes latitudes, que proporciona la inclinación óptima en función de la latitud del lugar:

$$\beta_{opt}=3,7 + 0,69*|\varphi| \quad \text{Ec.(12)}$$

Donde:

β_{opt} =Ángulo de inclinación optimo(grados)

$|\varphi|$ =Latitud del lugar, sin signo (grados)

La fórmula es válida para aplicaciones de utilización anual que busquen la máxima captación de energía solar a lo largo del año. **(Fuente: Instalaciones Solares Ud1).**

Por lo tanto:

$$\beta_{opt}=3,7 + 0,69*|12.136| \quad \text{Ec.(13)}$$

$$\beta_{opt}=12.07384$$

Por tanto, como la latitud geográfica del edificio Marlon Zelaya ubicada en Managua es de (12° 08' 09.6" N), la inclinación óptima de los paneles para generar la máxima energía posible es de 12° (para cualquier orientación).

2.7.3. Radiación global diaria sobre una superficie inclinada y ángulo optimo

Para la obtención de los datos de radiación global diaria. Se debe utilizar las coordenadas geográficas del punto de estudio, los datos son obtenidos de la NASA²⁵. **(Ver Anexo A7)**

²⁵<https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?email=skip%40larc.nasa.gov&step=1&lat=12.136&lon=86.223&submit=Submit>

Tabla 10. Radiación Global Diaria

Lat12.136 Lon86.224	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Inclinación 12	5.91	6.67	7.20	6.80	5.92	4.72	4.71	4.91	5.16	5.20	4.90	5.26

Fuente: NASA

En la tabla anterior se muestra que el mes de menor radiación solar incidente tomando en cuenta la inclinación de los paneles calculada previamente a (12°) es el mes de julio, esto significa que en ese mes se obtendrán las horas solares picos (HSP) menores.

La instalación estará fija y la radiación global será con la misma inclinación para todo el año entonces será de 12° para todo el año.

Teniendo en cuenta que la trayectoria del sol durante un día es de Este a Oeste se requiere que los paneles fijos se coloquen orientados hacia el sur geográfico, medido respecto al norte. Por tanto, el valor del ángulo de Azimut (α) será 0.

2.8. Estructura y soportes de los paneles

2.8.1. Descripción

La estructura objeto del trabajo estará fabricada de aceros de perfil C bajo su norma de fabricación ASTM A36²⁶ este perfil es ideal para la construcción de la estructura metálica que soportaran los paneles solares, a su vez este perfil esta soportado sobre postes de tubos rectangulares laminado en caliente bajo norma ASTM A36.

(Ver Anexo B4)

²⁶ **A.S.T.M.** Siglas en inglés para la American Society of Testing Materials, que significa, Asociación Americana de Ensayo de Materiales. Esta asociación radicada en Estados Unidos se encarga de probar la resistencia de los materiales para la construcción de bienes.

A36. Es un acero estructural al carbono, de grado de aceros primarios, utilizado en construcción de estructuras metálicas.

Se compone de los siguientes elementos:

- Postes rectangulares (50mm x 100mm x 1.5mm).
- Soportes de paneles viga C (38mm x 76mm x 1.5mm)
- Soladura 7018 y 6011
- Tornillería

Los postes rectangulares sirven para anclaje al suelo. Construido en acero sirve también para soporte, los perfiles que soportaran los paneles fotovoltaicos que albergue. De esta manera, se reduce la longitud de cableado en corriente continua (c.c.) y se minimizan las pérdidas de transporte.

El perfil C, colocado sobre el sistema de apoyo, aloja a todos los paneles fotovoltaicos. Le confiere mayor facilidad de instalación y a su vez mayor facilidad de instalación su flexibilidad le hace capaz de resistir mejor a los golpes de viento.

Tornillería utilizada en acero inoxidable (pernos de expansión y pernos galvanizados).

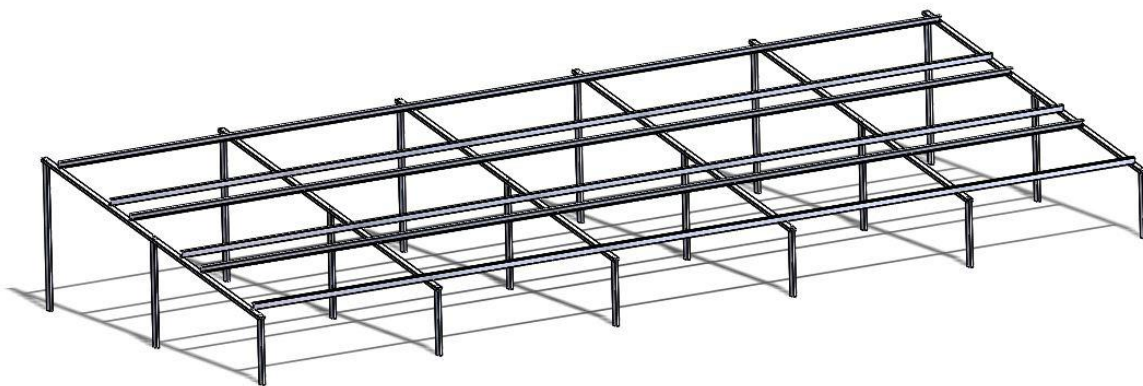


Figura 16. Esquema de la estructura.

A continuación, se representan unas dimensiones estándar, que dan cabida a más del 85% de los últimos paneles de gran eficiencia existentes en el mercado.

Datos de partida:

Se calcula el peso de los paneles y la estructura que recae en un área de 14.88 metros x 5.88 metros; es decir, 87.49 m².

La estructura y los paneles solares que recaen en este recinto son los siguientes:

- Cada panel tiene un peso de 22.4 kg
- Anchura de 992 mm
- Perfiles C (38mm x 76mm x 1.55mm)
- Longitud del perfil 6 m de largo
- Superficie de paneles $S=5.88 \text{ m} \times 14.88 \text{ m}=87.49 \text{ m}^2$

2.8.2. Calculo de diseño

Fuerza y velocidad del viento:

El viento, esta originado por masas de aire en movimiento. Dicho aire, se considera como una mezcla de gases que, en condiciones normalizadas, tiene entre otras, las siguientes características según norma UNE 100,000/95²⁷:

Presión atmosférica: 101325 Pa

T^a seca: 20 °C

T^a húmeda: 13.8 °C

Densidad: 1.199 Kga.s./m³

Humedad específica: 7.295 g de agua/Kga.s

Volumen específico: 0.84 m³/Kga.s

Viscosidad dinámica: 18.189 μPa s

Tabla 11. Velocidad y fuerza del viento

Velocidad (Km/h)	100	140	200
Fuerza del viento (Kg/m ²)	50	100	200

²⁷ Los documentos normativos UNE (acrónimo de Una Norma Española) son un conjunto de normas, normas experimentales e informes (estándares) creados en los Comités Técnicos de Normalización (CTN) de la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).
UNE 100000:1995 Climatización. Terminología.

Esta fuerza se supone de aplicación sobre el centro geométrico de la superficie de paneles.

PESOS:

Peso de todos los paneles fotovoltaicos (FV)= 22.4 Kg./panel x 45 paneles

Peso de todos los paneles fotovoltaicos (FV)= 336 Kg

Tabla 12. Peso de la estructura sin paneles

Unidades	Kg/m	Total
12 tubos rectangulares (50mm x 100mm x 1.5mm)	3.44	247.68 kg
14 perfiles C (38mm x 76mm x 1.55mm)	1.82	152.88 kg

Peso total de la estructura con paneles= 336 Kg+ 247.68 Kg+ 152.88 Kg

Peso total de la estructura con paneles= 736.56 Kg

2.8.3. Determinación de la presión de diseño (Pz)

La presión que ejerce el flujo del viento sobre una construcción determinada en kg/m², se obtiene de la tabla 11. Por lo tanto Pz=100 kg/m².

- Carga de la estructura de soporte del panel = 22.106 kg/m²
- Carga vertical de los paneles formados por 45 módulos = 18.19 kg/m²
- Carga total = Presión de diseño + carga de la estructura del panel + carga del panel
- Carga total = 100 kg/m² + 22.106 kg/m² + 18.19 kg/m² = 140.1066 kg/m²

$$W = \text{Carga total} \cdot A_{\text{tributaria}} \cdot \sin \beta_{12} \quad \text{Ec. (14)}$$

Dónde:

W: Peso total de la estructura de una armadura

$A_{\text{tributaria}}$: Área tributaria=17.498m²

β : Ángulo de inclinación de los paneles

$$W = 140.1066 \text{ kg/m}^2 * 17.498 \text{ m}^2 * \sin 12^\circ = 509.73 \text{ kg}$$

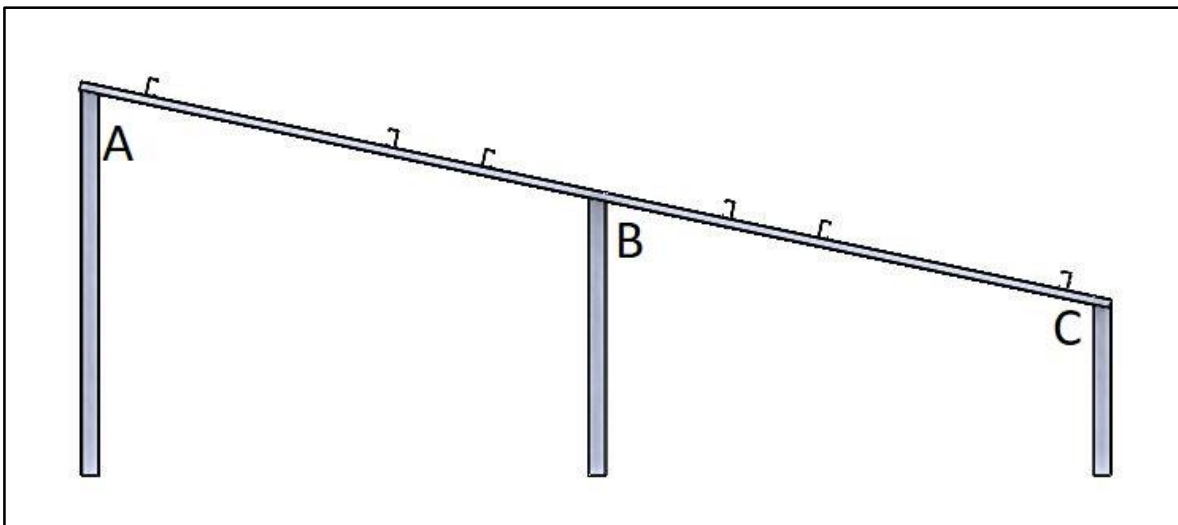


Figura 17. Puntos de la estructura de soporte.

Hay tres puntos claramente diferenciados A, B y C. El punto A genera un momento opuesto al generado por C, así que ayuda a la estabilidad de la estructura, y el punto B, como se encuentra en la mitad de la estructura, y es donde se concentra la gran parte de fuerza ejercida por el viento, el momento que se ejerce es 0 (la distancia del vector fuerza a B es 0).

$$M_A = W * d_{AB} \quad \text{Ec.(15)}$$

$$M_C = W * d_{BC} \quad \text{Ec.(16)}$$

Dónde:

M_A : Momento en el punto A

M_C : Momento en el punto C

W: Peso total de la estructura de una armadura

d_{AB} : distancia AB- $d_{AB} = 1/3 \cdot \text{Longitud del panel}$

d_{BC} : distancia BC – $d_{BC} = 2/3 \cdot \text{Longitud del panel}$

$$M_A = 509.73 \text{ kg} \left(\left(\frac{1}{3} \right) \cdot 5.88 \text{ m} \right) = 999.07 \text{ kg.m}$$

$$M_C = 509.73 \text{ kg} \left(\left(\frac{2}{3} \right) \cdot 5.88 \text{ m} \right) = 1998.1416 \text{ kg.m}$$

2.8.4. Limite a la fatiga

El límite a fatiga (S_n) será calculado a partir del límite teórico obtenido del ensayo (S'_n), pero afectado de los distintos coeficientes correctores que recojan la influencia de los distintos factores de acuerdo a las condiciones reales de trabajo:

$$S_n = C_a \cdot C_b \cdot C_c \cdot C_d \cdot C_e \cdot S'_n \quad \text{Ec.(17)}$$

Donde:

S_n = límite de fatiga real (kg/m^2)

S'_n = límite de fatiga teórico de la probeta de ensayo

C_a = factor por acabado superficial

C_b = factor por tamaño

C_c = factor de carga

C_d = factor de temperatura

C_e = factor de sensibilidad a la entalla

A continuación, se incluyen los procedimientos y tablas que permitirán estimar el valor de los anteriores coeficientes correctores del límite de fatiga.

a) Límite de fatiga teórico, el límite de fluencia (S_{ut}) 250 Mpa para acero A36.

$$S'_n = 0.43 S_{ut} \quad \text{Ec.(18)}$$

$$S'_{n}=0.43(250\text{Mpa}) =107.5\text{Mpa}$$

b) Factor superficial C_a corresponde al pulido especular de pieza en general.

$$C_a=a*S_{ut}^b \quad \text{Ec.(19)}$$

Acabado de superficie	Factor a		Exponente b
	kpsi	MPa	
Esmerilado (rectificado)	1,34	1,58	-0,085
Maquinado o estirado en frío	2,70	4,51	-0,265
Laminado en caliente	14,4	57,7	-0,718
Forjado	39,9	272	-0,995

$$C_a=(57.7\text{Mpa})*(250\text{Mpa})^{-0.718}$$

$$C_a=1.0951$$

c) Factor de tamaño C_b

$$C_b=\left(\frac{d}{7.62}\right)^{-0.1133} \quad \text{Ec.(20)}$$

Cuando se tiene secciones no circulares, se emplea una dimensión efectiva obtenida al igualar el volumen del material sometido a esfuerzos igual al 95% del esfuerzo máximo. En el caso de una viga C

$$A_{0.95\sigma}=0.05(a*b)$$

$$A_{0.95\sigma}=0.05(38\text{mm}*76\text{mm})=144.4\text{mm}^2$$

$$A_{0.95\sigma}=\pi \frac{d_e^2}{4} \quad \text{Ec.(21)}$$

Despejando el d_e

$$d_e = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{0.95\sigma}}{\pi}}$$

Donde:

d_e : Dimensión efectiva

$A_{0.95\sigma}$: Esfuerzo aplicado al 95%

$$d_e = \sqrt{\frac{4 \cdot 144.4 \text{ mm}^2}{\pi}} = 13.5592 \text{ mm}$$

Remplazando en la ecuación C_b

$$C_b = \left(\frac{13.5592 \text{ mm}}{7.62} \right)^{-0.1133} \text{ mm} = 0.9367$$

d) Factor de carga C_c

El factor de carga se tomará de la **tabla.13** que son referencias en las pruebas de laboratorio.

Tabla 13. Datos basados en pruebas de laboratorio

C_c	0.923	Carga axial	$S_{ut} \leq 1520 \text{ Mpa}$
	1	Carga axial	$S_{ut} > 1520 \text{ Mpa}$
	1	Flexión	
	0.577	Torsión y Cortante	

La viga estará sometida a flexión, por lo tanto $C_c = 1$

e) Factor de temperatura C_d

Este factor considera la diferencia de temperatura entre el ensayo realizado y la temperatura de operación. La variación de la resistencia a fatiga se supone similar a la de la resistencia a tracción.

Con (S_T) resistencia a la tracción a temperatura (T) y (S_{TR}) resistencia a tracción a temperatura normal (20°C). El valor se puede obtener de la siguiente tabla suponiendo que la temperatura máxima que puede alcanzar el soporte es de 70°.

Tabla 14. Factores de temperatura

Temperatura (°C)	SuT/Su
20	1,000
50	1,010
100	1,020
150	1,025
200	1,020
250	1,000
300	0,975
350	0,927
400	0,922
450	0,840
500	0,766
550	0,670
600	0,546

Interpolando entre los valores de 50°C y 100°C tenemos que para 70°C

$$C_d = 1.01344$$

f) Factor de sensibilidad a la entalla o de concentración de esfuerzos C_e

Los concentradores de esfuerzos son discontinuidades de las piezas, tales como chaveteros, cambios de sección y ranuras, que producen un aumento localizado de los esfuerzos. Los elementos no presentan ninguna de estas discontinuidades por lo cual $C_e = 1$

Por lo tanto, obtenidos los coeficientes correctores anteriores, ya se puede obtener el valor de la resistencia a la fatiga

$$S_n = C_a \cdot C_b \cdot C_c \cdot C_d \cdot C_e \cdot S'_n$$

$$S_n = 1.0951 \cdot 0.9367 \cdot 1 \cdot 1.01344 \cdot 1 \cdot 107.5 \text{Mpa}$$

$$S_n = 111.75 \text{Mpa}$$

Solidworks 2015

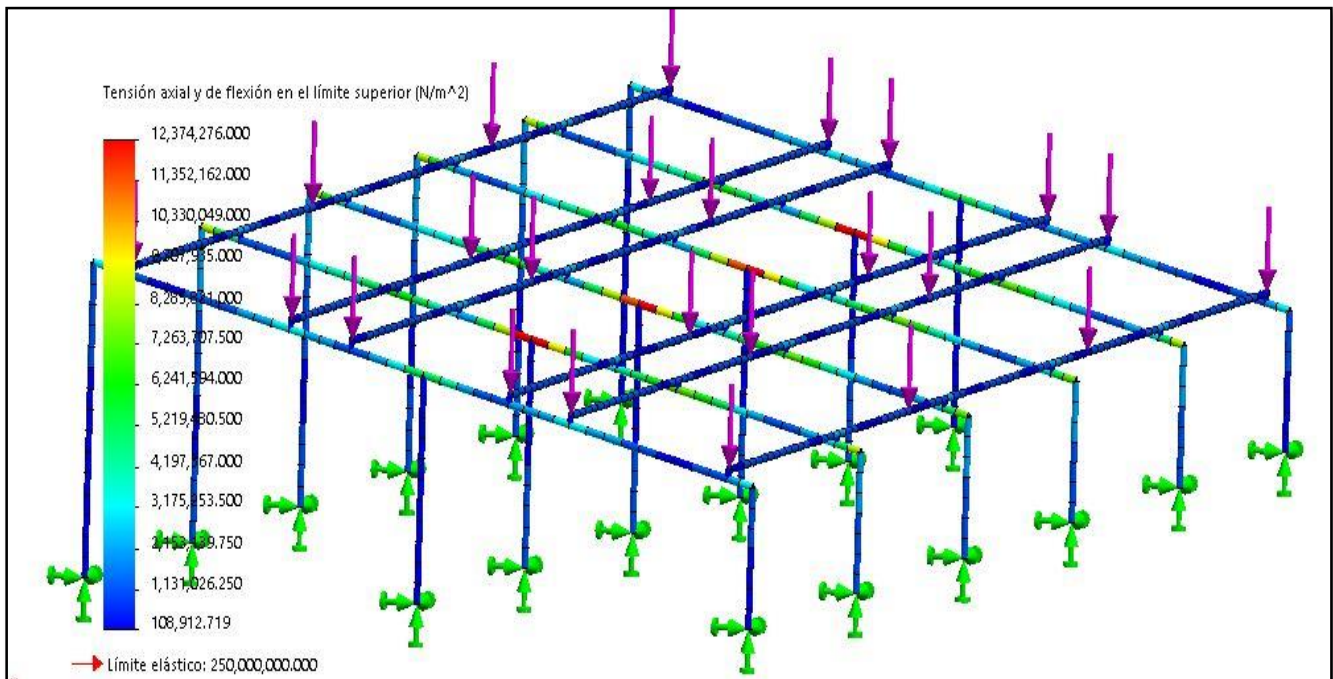
El programa utilizado, Solidworks 2015 se basa en elementos finitos para el diseño completo (modelado, análisis y dimensionado) de una estructura. Es decir, cada propiedad de la estructura diseñada se representa por un número finito que a su vez son conectados entre sí. Solidworks facilita la posibilidad de generar cargas/acciones de manera automática sobre la estructura pudiendo obtener así las solicitaciones y desplazamientos necesarios para su posterior dimensionado y comprobación.

Para el cálculo de la estructura se han seguido los siguientes pasos en Solidworks:

- La definición de la geometría de la estructura.
- Se establecen los tipos de apoyos (empotrados).
- La definición de las cargas aplicadas y designar a que viga es aplicada cada carga.
- La definición de los materiales a considerar y sus propiedades

Flexión de las cargas según se puede observar en la siguiente figura la carga varía según el color así podemos visualizar el comportamiento de la presión en cada porción de la estructura

Figura 18. Comportamiento de Flexión de las cargas.



Así como también se puede ver el desplazamiento estático (mm) y deflexión de las secciones representado de igual manera con una tabla de colores.

Figura 19. Desplazamiento Estático.

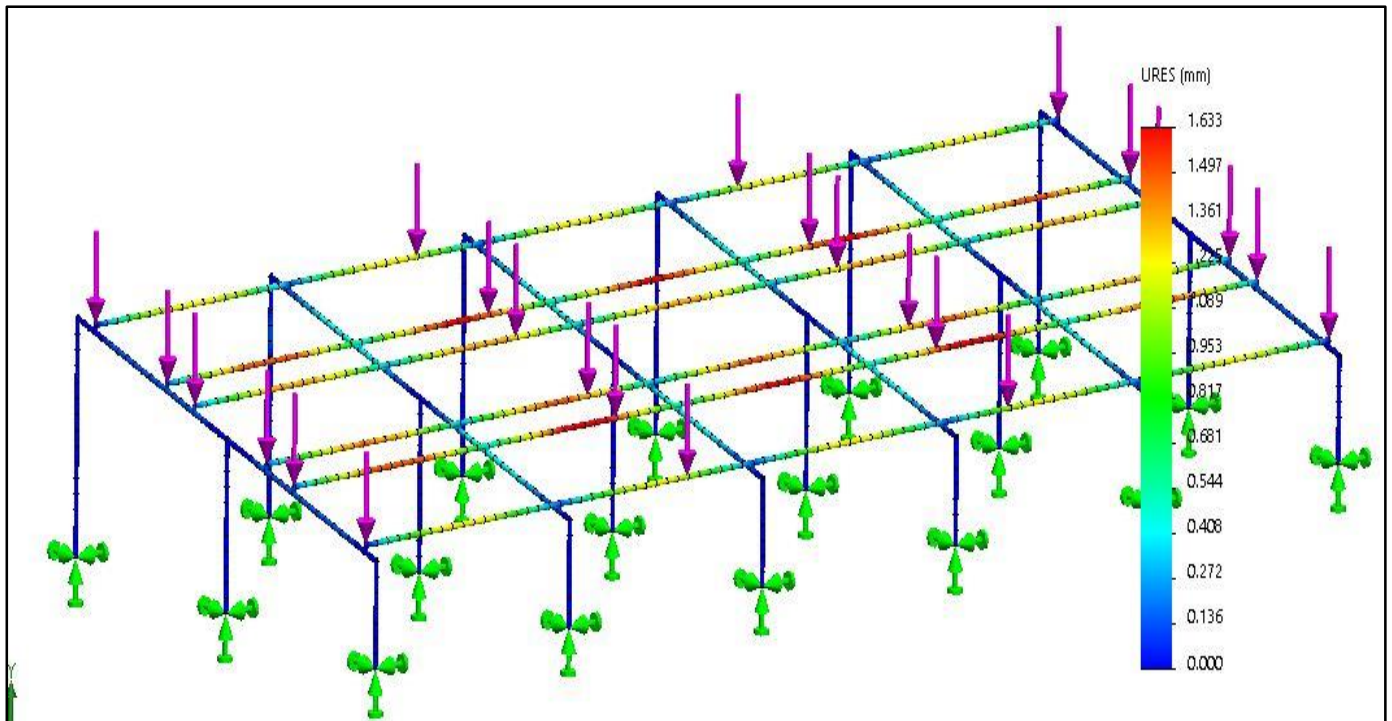
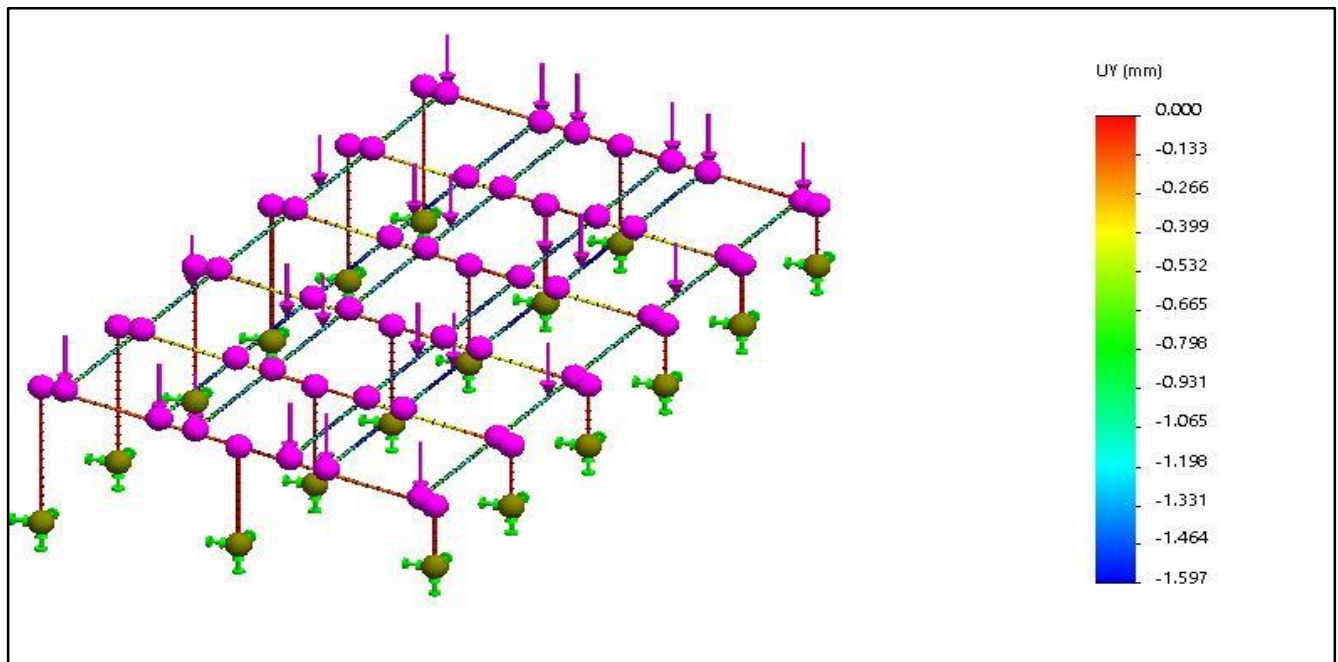


Figura 20. Deflexión de las secciones.



2.9. Cálculo del cableado

Los sistemas fotovoltaicos, como toda instalación que queda permanente al aire libre, deben estar diseñadas para resistir las duras inclemencias meteorológicas (temperaturas ambientales extremas, radiación solar ultravioleta, humedad, resistencia a los impactos...) que condicionan la calidad de los materiales empleados. De este modo, para el uso específico en instalaciones fotovoltaica.

La sección utilizada en los conductores de la instalación varía en función de las características de la línea y del tramo que se calcula. Se distinguen dos partes claramente diferenciados: el cableado de corriente continua (CC) y el cableado de corriente alterna (CA). La delimitación de cada parte viene delimitada por el inversor.

Para cada cálculo se debe cumplir las especificaciones descritas por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, donde se debe cumplir los valores de intensidades máximas admisibles y valores de caída de tensión.

- **Criterio de la intensidad máxima admisible o de calentamiento:** La temperatura del conductor del cable, trabajando a plena carga y en régimen permanente, no deberá superar en ningún momento la temperatura máxima admisible asignada de los materiales que se utilizan para el aislamiento del cable.
- **Criterio de la caída de tensión:** La circulación de corriente a través de los conductores, ocasiona una pérdida de potencia transportada por el cable, y una caída de tensión o diferencia entre las tensiones en el origen y el final de la línea. Esta caída de tensión debe ser inferior a los límite marcados por el Reglamento en cada parte de la instalación, con el objeto de garantizar el funcionamiento de los receptores alimentados por el cable.
- **Criterio de la intensidad de cortocircuito:** La temperatura que puede alcanzar el cable, como consecuencia de un cortocircuito o sobre-intensidad de corta duración, no debe sobrepasar la temperatura máxima admisible de corta duración (para menos de 5 segundos) asignada a los materiales

utilizados para el aislamiento del cable. Según las instrucciones complementarias para baja tensión (ITC-BT-40²⁸) para plantas generadoras conectadas a red se debe sobredimensionar la intensidad máxima un 25% de acuerdo con la siguiente expresión:

$$I_{SC \text{ línea}} = I_{sc} * 1.25 \quad \text{Ec.(22)}$$

Donde:

$I_{SC \text{ línea}}$: Corriente de cortocircuito admisible de la línea.

I_{sc} : Corriente de cortocircuito del módulo.

La conductividad de los diferentes materiales del que puede estar constituido el cable es **(Ver Anexo B6)**:

- La conductividad del cobre a 70 °C es 48 m / ($\Omega \cdot \text{mm}^2$).
- La conductividad del aluminio a 70° C es 30 m / ($\Omega \cdot \text{mm}^2$).

Cableado de Corriente Continúa

Las secciones en la instalación de corriente continua se calculan mediante la siguiente ecuación:

$$S = \frac{2 * L * I}{\Delta U * \gamma} \quad \text{Ec.(23)}$$

Donde:

S: Es la sección del conductor del cable en continua, en mm^2

L : Es la longitud del tramo de conductor que se esté considerando, en m

I: Es la intensidad de corriente que circula por el conductor, en amperios (A)

ΔU : Es la caída de tensión máxima permitida en el tramo, en voltios (V)

γ : Es la conductividad del conductor del cable en ($\frac{\text{m}}{\Omega * \text{mm}^2}$)

²⁸ Ver (Instrucciones técnicas complementarias para baja tensión, 2002)

En la siguiente tabla se indican los porcentajes de caída de tensión máximas y recomendadas para cada tramo en una instalación fotovoltaica para riego directo:

Tabla 15. Porcentaje de caída de tensión

Porcentaje de Caída de Tensión		
Tramo	Máxima	Recomendada
Panel solar- Inversor(CC)	3%	1%
Línea Principal (AC)	5%	3%

2.9.1. Sección del cableado entre paneles

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I_{\text{panel}}}{\Delta U \cdot \gamma}$$

$$S = \frac{(2)(70\text{m})(8.88\text{A})}{[(1\% \cdot 37.2\text{V} \cdot 15 \text{ paneles})] \cdot (48 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2})}$$

$$S = 4.64 \text{mm}^2$$

Y partiendo de la formula mencionada anteriormente en la que se debe sobredimensionar la intensidad máxima en un 25 %, tenemos que:

$$I_{\text{SC línea}} = 8.88 \cdot 1.25 = 11.1 \text{ A}$$

El cable de sección más pequeña considerada tiene una sección mínima (ver tabla en anexo) de 5.26mm^2 o 10AWG y una intensidad máxima admisible de 35 Amperios, soportando perfectamente la intensidad máxima que circula por los conductores de la instalación de 11,1 A.

2.9.2. Cálculo de la sección del cableado comprendido entre las conexiones de los paneles en serie y el inversor.

Este tramo comprende las líneas que conectan cada una de las conexiones de las ramas de módulos con el inversor. El cableado estará enterrado.

Se escoge las conexiones a mayor distancia como se ha hecho en el caso anterior, que en esta parte será la más alejada el inversor. Esta distancia es de 60 metros donde se utiliza la misma sección ya que son instalaciones similares.

De este modo, la intensidad total obtenida da como resultado:

$$I_{TOTAL} = I_{DC \text{ MODULO}} * N^{\circ} \text{ PARALELO} \quad \text{Ec.(24)}$$

$$I_{TOTAL} = 8.88A * 3 = 26.64A$$

Donde:

I_{TOTAL} : Intensidad total obtenida.

$I_{DC \text{ MODULO}}$: Intensidad del módulo en corriente directa.

$N^{\circ} \text{ PARALELO}$: Numero de módulos en paralelo.

Conociendo los datos de intensidad y tensión calculados, se obtiene la siguiente sección considerando ahora 60 metros mediante el criterio de caída de tensión:

$$S = \frac{2 * L * I_{panel}}{\Delta U * \gamma}$$

$$S = \frac{(2)(60m)(26.64A)}{[(1\% * 37.2V * 15 \text{ paneles})] * (48 \frac{m}{\Omega * mm^2})}$$

$$S = 11.93mm^2$$

Y partiendo de la formula mencionada anteriormente en la que se debe sobredimensionar la intensidad máxima en un 25 %, tenemos que:

$$I_{SC \text{ linea}} = 26.64 * 1.25 = 33.3 A$$

El cable de sección inmediatamente superior a esta intensidad considerada que tiene una sección (**Ver Anexo B5**) de 8.37mm² o 8 AWG y una intensidad máxima admisible de 50 Amperios, soportando perfectamente la intensidad máxima que circula por los conductores de la instalación de 33.3 Amperios.

El cable está bajo canalización enterrada por lo tanto se debe modificar la corriente máxima admisible que es capaz de soportar en dichas condiciones. Aplicamos los siguientes factores de corrección que se obtienen del (Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión) REBT mediante la ecuación:

$I_{MAX,ADM,CORR} = I_{MAX,ADM} * FC_{TUBO}$	Ec.(25)
--	----------------

$$I_{MAX,ADM,CORR} = 50A * 0.8 = 40 A$$

Donde:

$I_{MAX,ADM,CORR}$: Intensidad de corriente admisible corregida.

$I_{MAX,ADM}$: Intensidad Máxima Admisible del cable

FC_{TUBO} :Factor de corrección.

- Factor de corrección por estar enterrada bajo tubo: 0,8
- Factor de corrección por estar enterrada a una distancia de 0,7 m: 1

Siendo superior a la máxima intensidad que circula por el cable. De este modo el cable utilizado será de $8.37mm^2$ o 8AWG.

2.9.3. Cableado de corriente alterna

Este circuito comprende el conjunto de cables que conecta el inversor con la red de distribución. Los cables están en instalación subterránea por lo que se emplea la normativa indicada en la ITC-BT-07.²⁹

La ecuación utilizada para el cálculo de la sección por caída de tensión es la siguiente:

$$S = \frac{\sqrt{3} * L * I * \cos\varphi}{\gamma * \Delta u} = \frac{L * P}{\gamma * \Delta u * U_L^2} \quad \text{Ec.(26)}$$

²⁹ Ver (Artículo7, Instrucciones técnicas complementarias para baja tensión, 2002)

Donde:

L: Longitud del conductor (m).

I: Corriente de la línea (A).

γ es la conductividad del conductor del cable ($\frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$)

Δu =caída de tensión máxima, para CC se considera el 2%.

S:seccion del conductor en mm^2 .

P:Potencia inductor en watts.

U_L :Tensión de salida del inductor

2.9.4. Cálculo de la sección del cableado comprendido entre el inductor y la conexión a las líneas del centro de carga

Este tramo comprende las líneas que conectan el centro de carga de corriente alterna con el inductor. Puesto que se encuentran en el mismo local, la distancia recorrida no es muy larga, suponemos que la distancia será de 5 metros. Aplicando la ecuación **Ec.(27)** obtenemos:

Para este tramo se ha considerado la corriente nominal del inductor sobredimensionada al 20% a partir de la siguiente expresión:

$$I_{nom,inv} = \frac{P_{nom}}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot \cos\phi} \quad \text{Ec.(27)}$$

Dónde:

$P_{nom}(W)$:Potencia nominal del inductor=15,340 W

$V_L(V)$:Tensión de línea a la salida de corriente alterna del inductor=400 V

$\cos\phi$: Factor de potencia del inductor=1

$I_{nom,inv}$.:Corriente nominal del inductor

$$I_{nom,inv} = \frac{15000W}{\sqrt{3} \cdot 400V \cdot 1}$$

$$I_{\text{nom,inv}}=21.65\text{A}$$

$$\text{Sobredimensionado}=I_{\text{nom,inv}}\cdot+(20\%\cdot I_{\text{nom,inv}})$$

$$\text{Sobredimensionado}=21.6506\text{A}+(0.20\cdot 21.65\text{A})=25.98\text{A}$$

Que sobredimensionada al 20% es de 25.98A, por encima del valor máximo dado por el fabricante, que es de 24 A.

**Tabla 16. Factores de reducción para agrupamiento de varios circuitos.
Grupos homogéneas de cables cargados por igual**

DISPOSICION DE LOS CABLES CONTINUOS	Número de circuitos o cables multiconductores								
	1	2	3	4	5	9	12	16	20
Empotrados o embutidos A1/A2 y B1/B2	1.00	0.80	0.70	0.70	0.58	0.50	0.45	0.40	0.40
Capa única sobre muro, suelos o bandejas no perforadas. Método C	1.00	0.85	0.80	0.75	0.70	0.70	-	-	-
Capa única en el techo. Método C	0.95	0.80	0.70	0.70	0.65	0.60	-	-	-
Capa única sobre bandejas perforadas, Metodo E y F	1.00	0.90	0.80	0.75	0.75	0.70	-	-	-
Capa única sobre escaleras de cables, abrazaderas, etc.	1.00	0.85	0.80	0.80	0.80	0.80	-	-	-

Norma UNE 20-460-5-523

Tabla 17. Factor de temperatura

TEMPERATURA DE SERVICIO °C	Temperatura del terreno en °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90	1.11	1.07	1.04	1	0.96	0.88	0.83	0.83	0.78
70	1.15	1.11	1.05	1	0.94	0.82	0.82	0.75	0.67

Fuente: REBT

Tabla 18. Factor de profundidad

Profundidad de instalación (m)	0.4	0.5	0.6	0.7	0.80	0.90	1.00	1.20
Factor de Corrección	1,03	1.02	1.01	1	0.99	0.98	0.97	0.95

Fuente: REBT

Factor de corrección

$$F_g = f_{c1} * f_{c2} * f_{c3}$$

Ec.(28)

$$F_g = 0.80 * 0.82 * 1$$

$$F_g = 0.656$$

Donde:

F_g : Factor de corrección para corriente alterna.

F_{c1} : Factor de reducción por agrupamiento de cables.

F_{c2} : Factor de corrección por temperatura.

F_{c3} : Factor de corrección por profundidad

Condición

$$I_{\text{tabla}} \geq \frac{I_{\text{carga}}}{F_g} \geq \frac{28.86744A}{0.656} \geq 44A$$

La sección es de 8,37 mm² por lo tanto es un cable calibre 8 (AWG).

2.10. Cálculo de las Protecciones

Mediante el dimensionado de los dispositivos de protección se pretende asegurar el elemento de protección desconecte lo antes posible una falta que se pueda producir en cualquier punto de la instalación, protegiendo de esta manera fallos o roturas de los demás elementos.

Para que la protección esté dimensionada correctamente, se aplica la norma UNE 20460 ³⁰ que describe que el aparato debe tener las siguientes condiciones:

Protección contra sobrecargas:

$$\text{Condición 1. } I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$\text{Condición 2. } I_F \leq 1,45 \cdot I_Z$$

Dónde:

I_B : Intensidad de cálculo del circuito (A).

I_N : Intensidad nominal o calibre del interruptor (A).

I_Z : Intensidad máxima admisible del conductor (A).

I_F : Intensidad que garantiza el funcionamiento efectivo de la protección (A)

Tabla 19. Tiempo convencional de fusión de fusibles

I_N (A)	Tiempo convencional (h)	I_f
$I_N \leq 4$	1	$2.1 \cdot I_N$
$4 < I_N \leq 16$	1	$1.9 \cdot I_N$
$16 < I_N \leq 63$	1	$1.6 \cdot I_N$
$63 < I_N \leq 160$	2	$1.6 \cdot I_N$
$160 < I_N \leq 400$	3	$1.6 \cdot I_N$
$400 < I_N$	4	$1.6 \cdot I_N$

³⁰ Ver (Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos.)

2.10.1. Protección entre módulos e inversor

Entre el inversor y la caja de conexiones se encuentran las salidas de los paneles fotovoltaicos conectados en serie, el objetivo de esta protección es limitar la corriente que puede circular por el cableado y los módulos fotovoltaicos protegiendo la instalación frente a sobrecargas y cortocircuitos, aplicando las restricciones obtenemos los siguientes valores:

$$I_B=26.64 \text{ A}$$

$$I_N=30 \text{ A}$$

$$I_Z=50 \text{ A}$$

Se cumple con la condición número uno mencionada anteriormente de:

$$26.64 \text{ A} \leq 30 \text{ A} \leq 50 \text{ A}$$

Cumpliendo condición numero dos:

$$1.6 * 30 \text{ A} \leq 1.45 * 50 \text{ A}$$

$$48 \text{ A} \leq 72.5 \text{ A}$$

Se puede observar que las condiciones cumplen, por lo tanto, se ocupara un fusible de 30 Amperios. **(Ver Anexo A7)**

2.10.2. Protección entre Inversor e armario de corriente alterna

Se utiliza un interruptor Magneto térmico de polos de 40 Amperios de corriente nominal que protege el tramo desde el inversor hasta el centro de carga conectado a red.

2.11. Puesta a Tierra

Las puestas a tierra se establecen principalmente con el objeto de eliminar las tensiones que, con respecto a tierra, pueden presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones, eliminar y disminuir el riesgo una avería en los materiales eléctricos utilizados.

Es decir que es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte, del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo mediante una toma a tierra con un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo.

Mediante las instalaciones de puesta a tierra se deberá conseguir que el conjunto de instalaciones, en edificios y superficies aproximadas del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que al mismo tiempo permita el paso a tierra a la corriente de defectos o las de descarga de origen atmosférico.

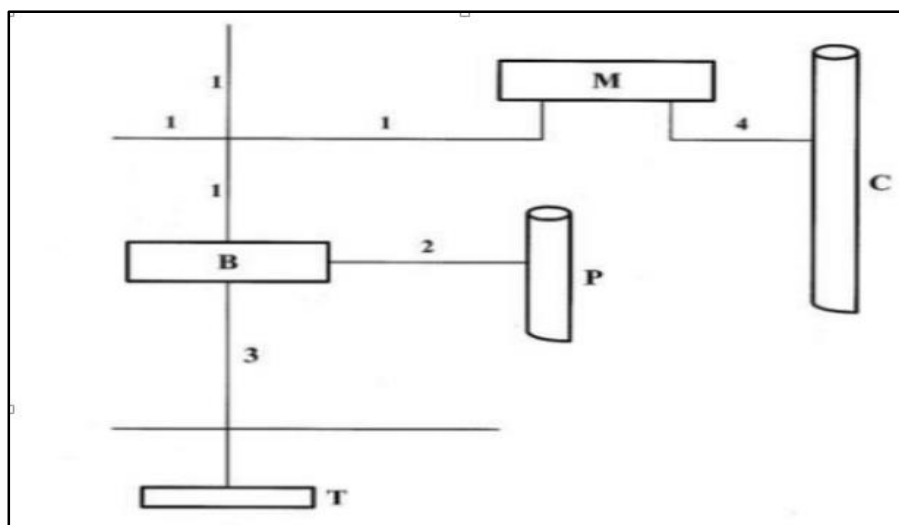


Figura 21. Representación esquemática de una instalación de puesta a tierra

2.11.1. Tomas de tierra

- 1- Conductor de protección.
- 2- Conductor de unión equipotencial principal.
- 3- Conductor de tierra o línea de enlace con el electrodo de puesta a tierra.
- 4- Conductor de unión equipotencial.
- B- Borne principal de tierra o Punto de puesta a tierra.
- M- Masa.
- C- Elemento conductor.

P- Canalización metálica principal de agua.

T- Toma de tierra.

2.11.2. Tipos de electrodos que se pueden utilizar para el montaje de una puesta a tierra.

- Barras, tubos;
- Platina, conductores desnudos;
- Placas;
- Anillos o mallas metálicas constituidos por los elementos anteriores o sus combinaciones
- Armadura de hormigón enterrado; con excepción de las armaduras pretensadas.
- Jabalinas verticales alineadas o dispuestas en triángulo o cuadrado.
- Conductores horizontales dispuestos linealmente, en circunferencia o en estrella.

El tipo de electrodo y la profundidad que debe estar enterrada la toma de tierra corresponden a la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia de hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad que este debe de poseer no tiene que ser inferior a 0.50m.

Los materiales utilizados y la realización de las tomas de tierra deben de ser tales de que no se vea afectada la resistencia mecánica y eléctricas por efectos de la corrosión de forma que comprometa las características del diseño de la instalación.

La ITC-BT-26 (Instrucciones técnicas complementarias para baja tensión) aplicable a viviendas, locales comerciales, oficinas y otros locales con usos análogos, exige que la toma de tierra se realice en forma de anillo cerrado que interese a todo el perímetro del edificio al que se conectan, en su caso los electrodos verticalmente

hincados en el terreno cuando se prevea la necesidad de disminuir la resistencia de la tierra que pueda presentar el conductor en anillo.

2.11.3. Conductores de protección.

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

En el circuito de conexión a tierra los conductores de protección unirán la masa al conductor a tierra.

En otros casos reciben igual mente el nombre de conductores de protección aquellos conductores que unen las masas:

- ✓ Al neutro de la red.
- ✓ A un relé de protección

La selección de los conductores de protección se indica en la siguiente tabla mediante condiciones establecidas.

Tabla19. Relación entre las secciones de los conductores de protección y los de fase

Selección de los conductores de fase de la instalación $S(mm^2)$	Selección mínima de los conductores de protección $S_p(mm^2)$
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

Donde:

S: Sección del conductor en fase de instalación (mm^2)

S_p : Sección mínima del conductor de protección (mm^2)

En este caso el conductor que se utiliza de fase será de cobre calibre 8.37 mm² por tales razón se realiza la comprobación.

$$8.37\text{mm}^2 \leq 16\text{mm}^2 \quad \text{cumple con la condición mencionada.}$$

2.11.4. Resistencia de tomas de tierra.

El electrodo se debe dimensionar de forma que su resistencia de tierra en cualquier circunstancia posible no sea superior al valor especificado para ella en cada caso. Este valor de resistencia de tierra será de tal que cualquier masa no puede dar lugar a tensiones de contacto superior a

- ✓ 24 V en local o emplazamiento del conductor
- ✓ 50 V en los demás casos

Estos valores son de seguridad ya que estas tensiones pueden hacer contacto con el cuerpo humano sin peligro.³¹

31 Ver(Norma técnica nicaragüense, Riesgos eléctricos)

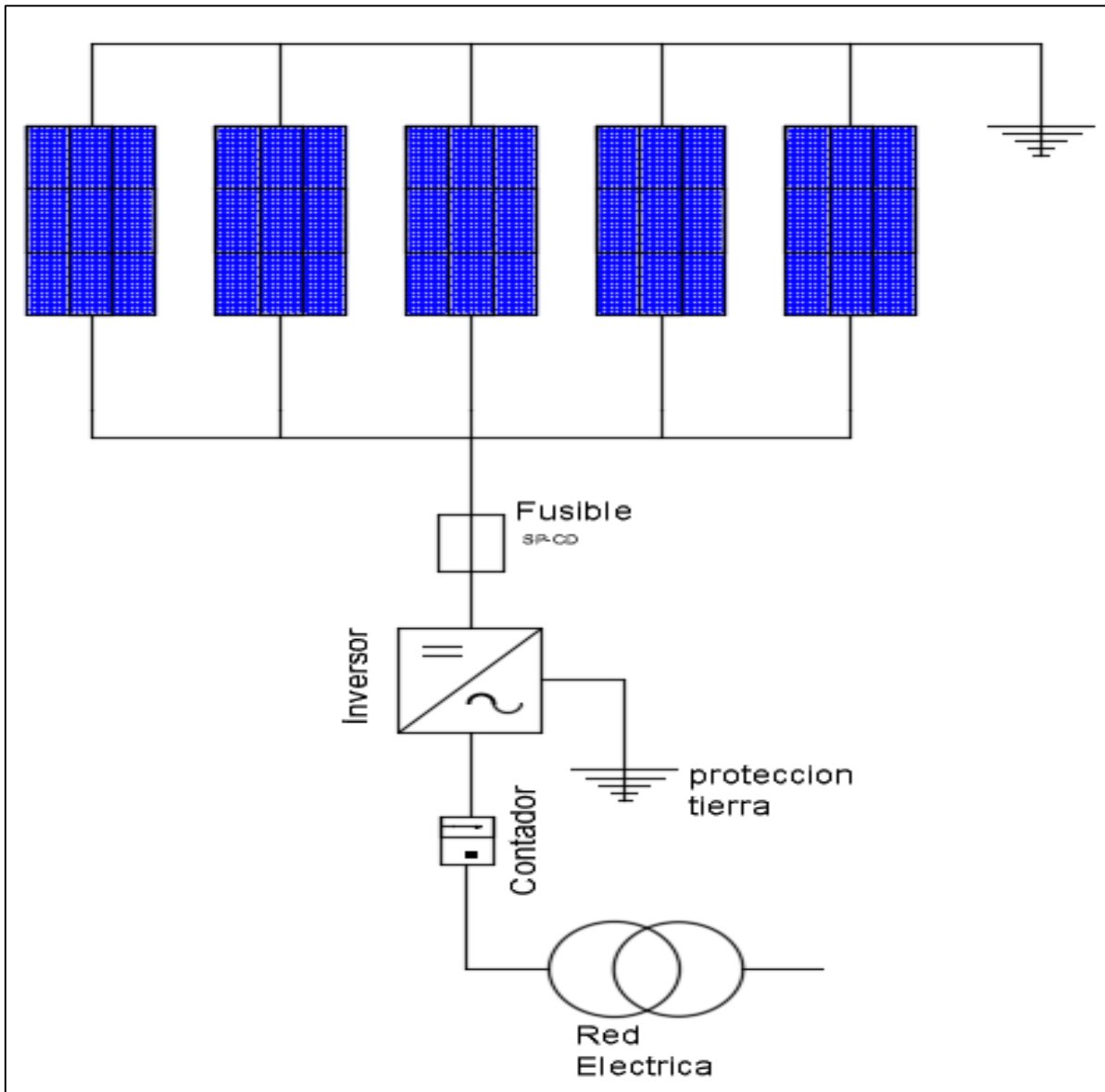


Figura 22. Diagrama Unifilar del Sistema Fotovoltaico conectado a Red.

Fuente: Elaboración Propia.

CAPITULO III

**Seleccionar los componentes adecuados
del sistema fotovoltaico.**

3. SELECCIONAR LOS COMPONENTES ADECUADOS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.

La empresa distribuidora de los componentes seleccionados para el sistema fotovoltaico es ECAMI S.A. (Ver Anexo C1)

3.1. Módulos solares (Canadian solar Max Power CS6U-330P)

“Los módulos CS6U-330P de Canadian Solar están hechos celdas solares policristalinas. Estos módulos están diseñados para aplicaciones solares de conexión a red de alto voltaje (hasta 1000 volts de corriente continua) que requieren confiabilidad y la más alta potencia. El aumentar el voltaje permitido hasta 1000V permite tener más módulos, ahorro de cable y conexiones. Los paneles solares Canadian Solar son los más empleados por su bajo costo de fabricación y su gran eficiencia de 16.97%. Estos paneles solares poseen 25 años de garantía de potencia”. (ECAMI S.A., 2017)

Panel Canadian Solar policristalino CS6U-330P de 1000V (Ver Anexo A5):

Tabla 20. Especificaciones técnicas Panel solar

Potencia	330W
Celdas	72 celdas policristalinas
Vpm	37.2 V
Ipm	8.88 A
Voc	45.6 V
Isc	9.45 A
Dimensiones	(1960 x 992 x 40)mm/ (77.2 x 39.1 x 1.57)in
Peso	22.4 Kg(49.4 Lbs)
Conectores	Tipo T4 para 1500V(comparables con MC4
Eficiencia	16.97%.

3.2. Inversores (SMA Sunny Tripower-STP-15000TL)

El inversor solar SMA Sunny Tripower TL US es una unidad trifásica sin transformador con eficiencia máxima del 98%. Está certificado por UL (Underwriters Laboratories) hasta 1000 volts de corriente directa. Es un inversor adecuado para sistemas tanto de 600 como de 1000 volts de CD (Corriente Directa). Los inversores Sunny Tripower cuentan con un sistema desarrollado de gestión de operaciones (OptiTrac Global Peak Shade) el cual asegura que incluso en lugares parcialmente sombreados los inversores puedan utilizar casi por completo la energía que ofrecen los paneles fotovoltaicos.

El Sunny Tripower dispone de funciones para paneles fotovoltaicos conectados a la red, sistemas de comunicación y supervisión. El inversor Sunny Tripower está equipada falla a tierra en todas las entradas y un AFCI (Interrupciones de circuito por falla de arco) integrado para una instalación eléctrica segura. Cuenta con un amplio rango de voltaje de entrada y dos MPPT (Maximum Power Point Tracker) que significa Seguidor de Punto de Máxima Potencia el cual controla el punto en el que los paneles solares empleados para la carga producen la mayor cantidad de energía eléctrica. **(Ver anexo A6)**

Tabla 21. Especificaciones técnicas Inversor SMA 15000

Potencia nominal	15000 W
Voltaje de salida	230V/400V
Seguidor para MPP	OptiTrac
Sistema de refrigeración	SMA OptiCool
Protección	IP65
Eficiencia	98.2%

3.3. Contador de salida de energía.

El contador de salida contabiliza la energía producida por el sistema fotovoltaico y el excedente es enviado a la red nacional. Pero en este caso no se enviará excedente de energía a la red, ya que el sistema estará diseñado para disminuir el 16% de la dependencia energética estimada que tiene el sistema de climatización del edificio Marlon Zelaya de la red nacional y el otro 84% se seguirá obteniendo de la empresa distribuidora de energía.

3.4. Cables de Calibres 10-8 AWG THWN

Características

Tensión de servicio: 600 Volts.

Temperatura de servicio: **THWN 75°C.**

Temperatura de sobrecarga: **THWN 95°C.**

Temperatura de cortocircuito: **THWN 150°C.**

Alta resistencia dieléctrica.

Adecuada resistencia a agentes químicos, grasas, ácidos, gasolina o aceites.

Descripción del Conductor

Alambre de cobre electrolítico de temple blando, con aislación termoplástica de Cloruro de Polivinilo (PVC) y recubierto con capa de Nylon estabilizado al calor y a la luz.

3.5. Pararrayos Midnite Solar MNSPD, 600 Volts

El Protector contra Picos de Voltaje MidNite Solar es un dispositivo de tipo II. Está diseñado tanto para sistemas de corriente alterna CA y corriente directa CD y ofrece protección a los paneles de servicio, centros de carga. La máxima protección sólo se logrará si el protector contra picos de voltaje se instala correctamente.

El protector contra picos de voltaje Midnite Solar se ofrece en tres diferentes voltajes para maximizar el nivel de protección requerido. La protección se logra mediante la reducción del sobrevoltaje a un voltaje seguro de que su sistema puede mantener

sin sufrir daño. El protector contra picos de voltaje Midnite Solar debe ser elegido de acuerdo con el voltaje nominal del sistema. El tiempo de respuesta es 8/20 μ s para alcanzar 128.000 amperios. Hay dos LED en cada unidad que indican cuando la unidad está funcionando correctamente y cuando no hay voltaje en la misma.

Se debe instalar en cables procedentes de arreglos solares en corriente directa CD. Utilice la unidad **600VDC** de alta tensión en sistemas solares interconectados a la red de electrificación.

El protector contra picos de voltaje Midnite Solar puede ser instalado en una caja de conexiones (o caja combinada), en el centro de carga, o en el inversor solar. El protector contra picos de voltaje Midnite Solar puede utilizarse también para proteger sus equipos contra sobretensiones de las líneas de servicios públicos o fuentes de energía externa como generadores.

Dimensiones: 4.4"L x 3.8"W x 3.5"D

Peso: 1 lbs

3.6. Porta Fusible SIBA

Estos porta-fusibles permiten una instalación segura al mismo tiempo que protegen el circuito del sistema. Los portafusibles son para sistemas solares de hasta 1500 Volts de corriente directa (CD).

Características principales:

Para sistemas de corriente directa (CD) de hasta **1500 Volts**

Capacidad máxima de **65 Amperios**

3.7. Fusible SIBA URZ 32A gR

Es importante que se utilicen fusibles de corriente directa para proteger los circuitos de sistemas solares conectados a red. Estos circuitos muchas veces operan a voltajes cercanos a los 600V. Es difícil conseguir breakers en ese rango de voltaje por lo que generalmente se utilizan fusibles con porta fusibles.

Estos fusibles se encuentran en varios tamaños, desde 1 Amperio hasta 30 Amperios para cadenas con módulos solares con estas especificaciones. Capacidad máxima: 1000 VCD

Nota: Aunque inicialmente el uso de fusibles de corriente alterna (CA) en sistemas solares puede parecer apropiado, estos no ofrecen protección apropiada en los circuitos de corriente directa (CD) por lo que es altamente recomendable utilizar fusible de 600 volts de a más en corriente directa.

3.8. Protección contra fallas a tierra

En la sección 690.5 del Código Eléctrico Nacional nos indica:

Los arreglos fotovoltaicos de corriente continua (C.C.) puestos a tierra deben tener protección de C.C contra fallas a tierra que cumpla con los siguientes requisitos para reducir los peligros de incendio.

Detección e interrupción de fallas a tierra.

El dispositivo o sistema de protección contra fallas a tierra debe ser capaz de detectar una corriente de falla a tierra, interrumpir el flujo de la corriente de falla y suministrar una indicación de dicha falla.

3.9. Breaker de 40 A

Un breaker es un aparato capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula excede de un determinado valor, o en el que se ha producido un cortocircuito, con el objetivo de evitar daños a los equipos eléctricos. A diferencia de los fusibles, que deben ser reemplazados tras un único uso, el breaker puede ser rearmado una vez localizado y reparado el problema que haya causado su disparo o desactivación automática.

Los breakers se fabrican de diferentes tamaños y características, lo cual hace que sean ampliamente utilizados en viviendas, industrias y comercios.

3.10. Conexión con la red eléctrica nacional.

Una red eléctrica es una red interconectada que tiene el propósito de suministrar electricidad desde los proveedores hasta los consumidores. Según la Ley No. 272; Ley de la industria eléctrica en Nicaragua. Establece que el auto productor en Nicaragua, es un agente económico basado en la generación de electricidad para auto consumo parcial o total, con la finalidad o propósito de satisfacer las necesidades energéticas que se presentan en instalaciones industriales o propias, la presente ley tiene por objeto establecer el régimen legal sobre las actividades de la industria eléctrica dando campo a futuros proyectos energéticos que prometen dar un buen servicio cuidando de manera responsable nuestro entorno.

CAPITULO IV

**Establecer un programa de
mantenimiento de la instalación
fotovoltaica.**

4. ESTABLECER UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.

Para mantener un control óptimo general del Sistema Fotovoltaico Conectado a Red (SFCR), las tareas particulares a realizar, la forma de hacerlas y reportes de operación a llenar, se deben de llevar a cabo tres tipos principales de mantenimiento:

1. Mantenimiento preventivo
2. Mantenimiento correctivo
3. Mantenimiento predictivo

4.1. Mantenimiento preventivo

Tiene por objeto prevenir el funcionamiento ineficiente de un sistema, manteniendo las mismas condiciones óptimas que existían en su puesta en marcha inicial y minimizando el riesgo de aparición de averías. Las operaciones relativas al mantenimiento preventivo de la instalación se realizarán siguiendo un esquema realizado previamente con todas las tareas asignadas.

Las condiciones de operación de los SFV (Sistemas fotovoltaicos) exigen que se haga un mantenimiento preventivo básico en su conjunto y el seguimiento a las partes que lo componen, para cumplir con los propósitos fijados: confiabilidad, seguridad y larga vida. El mantenimiento básico del sistema, es la realización de actividades no técnicas, tales como: limpieza de paneles, inspección visual, evitar las sombras, etc., esto lo puede realizar el usuario, pero el mantenimiento técnico, lo debe realizar únicamente el personal capacitado y si se trata de fallas internas de los equipos, en este caso únicamente el fabricante o distribuidor del producto está autorizado para realizar el mantenimiento, con la finalidad de mantener la garantía de fabricación de los equipos.

Las tareas para realizar son:

a) Limpieza de paneles

- Las labores de limpieza de los paneles se realizarán semanalmente o bien después de una lluvia u otros fenómenos meteorológicos similares.
- Limpiar especialmente la superficie de los paneles y constatar que no queden adherencias indeseables sobre alguna celda.
- La limpieza se realizará con agua (sin agentes abrasivos ni instrumentos metálicos). Preferiblemente se hará fuera de las horas centrales del día, para evitar cambios bruscos de temperatura entre el agua y el panel (sobre todo en verano).

b) Inspección Visual

- Diariamente, se controlará que ninguna célula se encuentre en mal estado (cristal de protección roto, normalmente debido a acciones externas). Se comprobará que el marco del módulo se encuentra en correctas condiciones (ausencia de deformaciones o roturas).
- Observar al interior del módulo, teniendo especial cuidado en descubrir oxidaciones de los circuitos y soldaduras de las células, que generalmente ocurren por la filtración de agua al interior del módulo.
- Observar que en los alrededores del sistema solar fotovoltaico (SFV) no hayan crecido árboles o se hayan colocado objetos o construcciones que generen sombras sobre el campo fotovoltaico o sobre partes del mismo lo cual reduce su capacidad de generación.

c) Control de las características eléctricas del módulo.

Se revisará trimestralmente el estado de las conexiones, entre otros:

- Comprobación de estado y adherencia de los cables a los terminales de los paneles.

- Comprobar que los contactos estén bien ajustados, que no existan cortocircuitos ni riesgos para que ocurran y comprobar que todas las instalaciones sean realizadas con la polaridad correcta.
- Verificar que todos los accesorios utilizados (interruptores, boquillas, tomacorrientes, etc.) estén en buen estado, si por alguna razón están rotos se debe reemplazarlos inmediatamente.
- Verificar que el cableado mantenga los límites de caídas de voltaje permitidas, en todos los tramos de línea, si exceden los límites recomendados, se debe sustituir el cableado.

d) Estructura soporte de los paneles

Mensualmente:

- Comprobación de posibles degradaciones (deformaciones, grietas, etc).
- Verificar la correcta orientación de los módulos fotovoltaicos.
- Comprobación del estado de fijación de la estructura a cubierta, se controlará que la tornillería se encuentra correctamente apretada, controlando el par de apriete si es necesario. Si algún elemento de fijación presenta síntomas de defectos, se sustituirá por otro nuevo.
- Determinar que no existan oxidaciones especialmente en los tornillos utilizados o cualquier otro tipo de fatiga apreciable que afecte a la vida útil de la estructura, en caso de oxidaciones se recomienda limpiar el óxido y colocar anticorrosivo.
- Comprobación del estado de fijación de módulos a la estructura. Operación análoga a la fijación de la estructura soporte a la cubierta.

e) Mantenimiento preventivo del Inversor

- Revisar el estado de las conexiones y apriete de los bornes para garantizar un buen contacto eléctrico, en caso de ser necesario realizar un reajuste.

- Si los valores de voltaje y frecuencia a la salida del inversor no están dentro de los valores establecidos, se recomienda la sustitución del equipo puesto que puede ocasionar la destrucción de las cargas en corriente alterna.
- Verificar el estado de los fusibles.
- Revisar las tomas de corriente alterna (A.C). deben estar fijas y no presentar desajustes.

f) Mantenimiento de la puesta a tierra

Semestralmente:

- Determinar que el cable no este oxidado ni desgastado.
- Verificar que el cable proporcione una buena conexión con la varilla de puesta a tierra.
- La conexión conductor – varilla debe estar limpia y bien fija.
- Realizar la medición de puesta a tierra para verificar su estado real.

Se debe realizar el mantenimiento en las siguientes partes:

- Cajas de agrupamiento.
- Cuadros eléctricos
- Cableado
- Sistema de puesta a tierra.
- Mantenimiento de los inversores de conexión a red.
- Mantenimiento del terreno.
- Paneles Fotovoltaicos.

Es absolutamente necesario llevar un registro de mantenimiento, en la que se describa: el equipo intervenido, tipo de mantenimiento realizado, las operaciones realizadas y la fecha de realización. **Ver (Anexo A8)**

4.2. Mantenimiento correctivo

Se conoce como mantenimiento correctivo a toda operación de reparación de averías o defectos que puedan surgir en la instalación fotovoltaica. Normalmente se puede subsanar la situación con el reemplazo de los elementos dañados, aunque otras veces es necesaria una reparación y debe de realizarse por personal especializado. En este tipo de mantenimiento es fundamental el tiempo de respuesta, teniendo en cuenta que el tiempo perdido en la reparación repercute en la producción del sistema fotovoltaico (SFV). Un punto fundamental en el mantenimiento correctivo es la pronta detección de la falla, por el método o recurso disponible que sea.

4.3. Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo está basado en la determinación del estado de un sistema en operación, es decir, se basa en que los sistemas darán un tipo de aviso antes de que fallen por lo que este plan de mantenimiento trata de percibir los síntomas para después tomar acciones.

En el mantenimiento predictivo se suelen realizar ensayos no destructivos, como medida de vibraciones, medición de temperaturas, termografías, intensidades, tensiones, etc.

El mantenimiento predictivo permite que se tomen decisiones antes de que ocurra el fallo, detectar cambios anormales en las condiciones del equipo y subsanarlos es una buena forma de evitar posibles averías en el sistema.

CAPITULO V

**Evaluar la factibilidad económica del
sistema fotovoltaico.**

5. FACTIBILIDAD ECONÓMICA DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.

Para llevar a cabo la instalación es necesario determinar el costo del material utilizado y de la mano de obra que se requiere en el proceso de la instalación.

5.1. Total del material utilizado.

Los precios de los componentes que se utilizarán fueron proporcionados por las empresas en dólares (**Ver Anexo C1**) y tomando en cuenta que el tipo de cambio para 23 de Noviembre del 2017 es de \$30.63³².

Tabla 22. Costo de los componentes para la instalación.

Cantidad	Descripción	Precio Unit. U\$	Total U\$
45	Módulos Solares Canadian Solar CS6U-330P	387.00	17,415.00
1	Sunny Tripower 15000TL-US	6,090.00	6,090.00
1	Centro de carga para fusible	160.00	160.00
6	Perlin GHT 16 G72 4 x 2	16.00	96.00
12	Tubo EST GTH 16(1.00mm) RECT 4''X2''G72	23.00	276.00
70	Cable 8 para conexiones	1.18	82.60
70	Cable 10 para conexiones	0.98	68.60
3	Caja de soldadura 7018 (11 Lbs)	19.45	58.35
3	Caja de soldadura 6011 (11 Lbs)	16.16	48.48
1	Para Rayo	104.00	104.00
1	Fusible de 32 A	22.00	22.00
1	Base de porta fusible cilíndrico Siba	63.00	63.00
1	BREAKER CH 3 X 40	86.00	86.00
Sub Total U\$			24,570.03
IVA			1,073.25
Total Neto U\$			25,643.28

Fuente: ECAMI S.A.

³² www.bcn.gob.ni

Nota: Los paneles solares no pagan impuesto según ley 532³³

**Tabla 23. Material utilizado para la construcción de las bases de concreto
(Ver Anexo C2)**

Cantidad	Descripción	Precio Unid.U\$	Total U\$
10	Metros Cúbicos de Arena	17.00	170.00
8	Metros Cúbicos de Piedrin	45.00	360.00
27	Bolsas de Cemento Holcim	10.00	270.00
50	Varillas de Hierro 1/2 CCR STD Varillas de 6 metros	4.00	200.00
310	Estribos de 20 x 20 x 1/4 de pulgada	0.14	43.40
10	Unidades Madera para formaletas de 1" x 1" x 8 Varas(6)	9.80	98.00
5	Libras de Clavos de 3"	0.72	3.60
25	Libras de Alambre de Amarre	1.63	40.75
108	Pernos de expansión de 29000 Ksi-Dia 1/2"	1.25	135.00
Sub Total \$			1,320.75
Impuesto			198.11
Total Neto \$			1,518.86
Total Neto C\$			46,522.76

Tabla 24. Costos de mano de obra.

Cantidad	Descripción	Total U\$
1	Mano de obra construcción de las bases	700.00
1	Mano de obra de la instalación del SFV	1,476.00
Total Neto U\$		2,176.00
T/C		30.63
Total Neto C\$		66,650.88

³³ Ver (Ley 532. Promoción de Generación eléctrica con fuentes renovables, Nicaragua, 7 de Julio 2011)

Para tener el costo total del sistema solar fotovoltaico conectado a red (**SFCR**) se tiene que sumar el costo total de los componentes del sistema más el costo del material utilizado para la construcción de las bases de las estructuras más el costo total de mano de obra.

$$\text{Costo Total} = \text{Costo de los componentes SFCR} \quad \text{Ec.(29)}$$

+ Costo del material de las bases

+ Costo de la Mano de obra.

$$\text{Costo Total} = \$25,643.28 + \$1,518.86 + \$2,176.00$$

$$\text{Costo Total} = \$ 29,338.14$$

De esta forma el costo total aproximado del sistema fotovoltaico es de \$29,338.14

5.2. Cálculo de la energía eléctrica que se generara con los paneles fotovoltaicos.

Para obtener la energía estimada que será generada se utiliza la siguiente ecuación (30), se realizaron los cálculos para cada mes y los resultados se muestran en la tabla (25).

$$E_E(\text{kWh/mes}) = \frac{N_T * P_P * RSD * D_E}{1000} \quad \text{Ec.(30)}$$

Donde:

E_E : Energía entregada bruta de los paneles fotovoltaicos.

N_T : Número total de paneles.

P_P : Potencia del panel.

1 kW = 1000 Watts

RSD: Radiación solar diaria.

D_E : Días efectivos en el mes se consideran 24.

Tabla 25. Resultados obtenidos para cada mes del año

Meses	Radiación solar diaria - inclinada (kWh/m2/día)	Numero de paneles solares	Potencia por panel (W)	Días efectivos (días/mes)	Energía entregada sin incluir perdidas (kWh/mes)
Enero	5.91	45	330	24	2,106.32
Febrero	6.67	45	330	24	2,377.19
Marzo	7.20	45	330	24	2,566.08
Abril	6.80	45	330	24	2,423.52
Mayo	5.92	45	330	24	2,109.89
Junio	4.72	45	330	24	1,682.21
Julio	4.71	45	330	24	1,678.64
Agosto	4.91	45	330	24	1,749.92
Septiembre	5.16	45	330	24	1,839.02
Octubre	5.20	45	330	24	1,853.28
Noviembre	4.90	45	330	24	1,746.36
Diciembre	5.26	45	330	24	1,874.66

En la tabla anterior se muestra que el mes de menor radiación solar incidente tomando en cuenta la inclinación de los paneles calculada previamente a (12°) es el mes de julio, esto significa que en ese mes se obtendrán las horas solares picos (HSP) menores y por ende la generación de energía menor.

5.3. Costo por consumo de la energía eléctrica con paneles fotovoltaicos

Una vez obtenida la energía generada del sistema para cada mes, se calcula el costo por consumo con paneles (mensual), tomando en consideración la carga que se tiene en el edificio y la tarifa energética promedio será igual a \$ 0.29 por kWh consumido.

Se debe calcular la energía entregada neta (kWh/mes) por el sistema fotovoltaico mediante la ecuación (31) considerando el mes de menor generación de energía y las pérdidas del sistema, estas se muestran en la tabla (26).

Tabla 26. Porcentaje de pérdidas del sistema.

Perdidas del panel	4.00%
Perdidas del inversor	2%
Perdidas eléctricas	10%
Otras perdidas	8%
Total perdidas	24.00%

$$E_{E(\text{neta})} = EE - (EE * 24\%) \quad \text{Ec.(31)}$$

Donde:

$E_{E(\text{Neta})}$: Energía entregada neta considerando perdidas energéticas (kWh/mes).

EE : Energía entregada bruta considerando el mes de menor generación (kWh/mes).

$$E_{E(\text{Neta})} = 1678.64 \text{ kWh/mes} - (1678.64 \text{ kWh/mes} * 24\%)$$

$$E_{E(\text{Neta})} = 1275.77 \text{ kWh/mes}$$

Conociendo la energía entregada real por el sistema fotovoltaico mensualmente se puede calcular el ahorro económico que se tiene durante un mes de energía eléctrica consumida.

$$\text{Ahorro mensual (\$/mes)} = \text{Energía entregada mensual} * (\text{Tarifa energética}) \quad \text{Ec.(32)}$$

$$\text{Ahorro mensual} = (1275.77 \text{ kWh/mes}) * (0.29 \text{ \$/ kWh})$$

$$\text{Ahorro mensual} = 369.97 \text{ \$/ mes}$$

Con esto se tiene un ahorro de \$ 369.97 dólares por cada mes de facturación, que es un gran ahorro ya que con esto se puede amortizar el costo inicial del sistema fotovoltaico.

5.4. Periodo simple de recuperación de la inversión.

En esta sección se calculará el tiempo estimado, en que él se recupera la inversión económica del sistema fotovoltaico y la viabilidad del proyecto si es que se pretende llevar a cabo. Teniendo los siguientes datos se puede calcular el tiempo en que se tendrá una amortización:

Costo total del sistema: \$ 29,338.14

(Ahorro mensual): \$ 369.97

$$PSR = \frac{(\text{Costo total del sistema})}{(\text{Ahorro Mensual})} \quad \text{Ec.(33)}$$

Donde:

PSR: Periodo simple de recuperación de la inversión.

$$PSR = \frac{\$ 29,338.14}{\$ 369.97} = 79.3 \text{ meses}$$

Con el resultado anterior se puede observar que en 79.3 meses (aproximadamente 6 años con 7 meses), habrá una recuperación de la inversión inicial del sistema fotovoltaico.

En este estudio se estima que el consumo de energía de los equipos de climatización corresponde aproximadamente a 7,800 kWh/mes y mediante los resultados obtenidos el sistema fotovoltaico reduce el consumo energético aportando 1275.77 kWh/mes el cual representa:

$$\%AE = \frac{1275.77 \text{ kWh/mes}}{7,800 \text{ kWh/mes}} * 100 \quad \text{Ec.(34)}$$

Donde

% AE: Porcentaje de aporte energético del sistema fotovoltaico.

$$\%AE = \frac{1275.77 \text{ kWh/mes}}{7,800 \text{ kWh/mes}} * 100\%$$

$$AE = 16 \%$$

El Sistema fotovoltaico conectado a red puede cubrir el 16% del consumo energético del edificio Marlon Zelaya ubicado en el Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios de la Universidad Nacional de Ingeniería.

CONCLUSIONES

Las instalaciones solares fotovoltaicas destinadas a la producción de energía van a seguir desarrollándose, este proyecto consiste en una instalación pequeña de 15 kW por cada centro de carga, es decir el mismo diseño para los dos lados del edificio, sin embargo, hoy en día se realizan proyectos de varios Mega Watts de potencia. Obteniendo del presente estudio los fundamentos necesarios de ubicación y consumo energético para el desarrollo de una de las aplicaciones de generación eléctrica ecológica con más futuro como es el sistema fotovoltaico conectado a red a su vez promoverá una nueva cultura de eficiencia y ahorro energético a través de fuentes renovables.

En el estudio realizado se obtuvo resultados satisfactorios en el dimensionamiento y cálculos de los componentes necesarios para el sistema fotovoltaico de conexión a red. Se ha seleccionado la tecnología adecuada y con buena calidad con la finalidad de proporcionar confianza y seguridad al beneficiario interesado en aplicar este tipo de sistema fotovoltaico.

El plan de mantenimiento que contribuirá con la vida útil de los componentes del sistema de forma significativa y al aplicarse de manera correcta se evitaban pérdidas y se reducen altos costos económicos que cuesta cambiar un elemento del sistema.

Concluimos al diseñar el sistema fotovoltaico de conexión a red que es técnicamente y económicamente viable ya que la universidad podría recuperar la inversión inicial en un período de 6 años con 7 meses aproximadamente.

Como finalidad de este trabajo se logró realizar el diseño de un sistema fotovoltaico conectado a red para cubrir el 16% del consumo energético del edificio Marlon Zelaya ubicado en el Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Para finalizar podemos decir que el camino de las energías renovables está en marcha y es aceptado por la sociedad debido a las múltiples ventajas que tiene, es lógico suponer que el sector fotovoltaico experimentará un gran impulso en los próximos años, con el consiguiente beneficio ecológico y al mismo tiempo abrirá un gran abanico de posibilidades a la industria fotovoltaica y a los inversionistas públicos o privados que apuesten por esta tecnología.

RECOMENDACIONES

Si se llevara a cabo el diseño del sistema solar fotovoltaico es necesario la realización del debido mantenimiento para alargar la vida útil de sus componentes.

No conecte al sistema fotovoltaico equipos de gran potencia que no hayan sido considerados en el diseño, sin consultar a los especialistas, ya que una sobrecarga por consumo excesivo puede provocar un mal funcionamiento.

Cubrir completamente el módulo con material opaco durante la instalación mecánica y eléctrica para evitar que se genere electricidad.

Durante la instalación del inversor se debe de considerar que se tienen voltajes potencialmente peligrosos, tanto como en corriente directa CD a la entrada, como corriente alterna CA a la salida; por lo tanto se tienen que seguir las recomendaciones del fabricante.

No abrir ni manipular el inversor cuando esté conectado a la red, tener en cuenta los aspectos de seguridad y protección ya que son de vital importancia en la planeación, diseño, instalación, y operación de un sistema fotovoltaico (autónomo o conectado a la red).

Recuerde que la energía que se produce en los sistemas fotovoltaicos, como en la térmica u otro tipo de energía se debe de tener en cuenta que la energía eléctrica es de gran importancia para el desarrollo humano por lo tanto hay que realizar el uso adecuado de ella.

BIBLIOGRAFIA

Hernández Sampieri, R., Fernández, C. F. y Baptista Lucio, M. del P. (2010). *Metodología de la investigación* (5ta ed.). México: Mc Graw Hill.

Gómez Domínguez José A. (2008). *Energías Alternativas* (3ra ed.) España: Publidisa.

Lamigueiro Perpiñán, Oscar; Colmenar Santos Antonio y Castro Gil. Manuel Alonzo. (2012). *Diseño de Sistema Fotovoltaico*. España: J. de Haro Artes Gráficas.

Montes José Ignacio, Fernández Duran Alfonso, Jiménez Suarez Carlos, Lecuona Ribot Antonio, Mellado García Francisco, Plaza Fernández José Fabián, Ramos Gonzales Victoria y Sala Pano Gabriel (2002), *Energía Solar Fotovoltaica*; Madrid, España Ibergraphi S.L.L.

Colectivo, (2009). *Energía solar Aplicada Practica* (5ta ed.). España: Artes Gráficas Gala, S.L.

Espinoza R. y Horn M. *Electrificación Rural con Sistema Fotovoltaico* (1992). Print A Poder Comunicación, S.L. *Energía Solar Fotovoltaica en la comunidad de Madrid* (4ta ed.) Imprenta Modelo S.L.

Loaeza Salcedo Francisco, Carmona Cesar Ramiro y Tenorio Caselin Julio Cesar (2012) *Metodología de un sistema fotovoltaico conectado a la red (SFCR) para uso en luminarias de en edificio 3 de la ESIME Zacatenco*, tesis de grado Instituto Politécnico Nacional Escuela superior de ingeniería mecánica y eléctrica México. D.F

Macancela Zhumi Luis Gerardo (2012), *diagnóstico de la implementación de los sistema fotovoltaico correspondiente a la primera etapa de los proyectos Yants ii etsari*, tesis de grado, Universidad de Cuenca.

Sitios web

<http://www.monografias.com/trabajos61/energia-fotovoltaica/energia-fotovoltaica.shtml#ixzz4bvIO9yK3>

<http://www.monografias.com/trabajos109/paneles-fotovoltaicos/paneles-fotovoltaicos.shtml#ixzz4bvllcVXI>

<http://www.monografias.com/trabajos73/seleccion-sistema-fotovoltaica/seleccion-sistema-fotovoltaica.shtml#ixzz4bvm4EhAT>

http://www.proyectodeenergiarenovable.com/descargas/manuales/Curso_Internconeccion_a_red/Inversores.pdf

Programas o software:

Software Profi CAD

Software para diseño fotovoltaico SOLARIUS-PV

Microsoft Excel

Auto CAD

SolidWorks 2015

Anexos

A & B

ANEXOS A. FIGURAS

ANEXO A1

Costo de la tarifa energética para el mes de Julio-2017

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ENERGÍA ENTE REGULADOR TARIFAS ACTUALIZADAS A ENTRAR EN VIGENCIA EL 1 DE JULIO DE 2017 AUTORIZADAS PARA LAS DISTRIBUIDORAS DISNORTE Y DISSUR MEDIA TENSION (VOLTAJE PRIMARIO EN 13.8 Y 24.9 kV)					
TIPO DE TARIFA	APLICACIÓN	TARIFA		CARGO POR	
		CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	ENERGÍA (C\$/kWh)	POTENCIA (C\$/kW-mes)
GENERAL MAYOR	Carga contratada mayor de 25 kW para uso general (Establecimientos Comerciales, Oficinas Públicas y Privadas Centro de Salud, Hospitales, etc)	T-2D	TARIFA BINOMIA SIN MEDICION HORARIA ESTACIONAL		
			Todos los kWh	5.4160	
			kW de Demanda Máxima		795.7473
		T-2E	TARIFA BINOMIA CON MEDICION HORARIA ESTACIONAL		
			Verano Punta	8.8161	
			Invierno Punta	8.5351	
			Verano Fuera de Punta	6.0922	
			Invierno Fuera de Punta	5.8878	
			Verano Punta		886.0413
			Invierno Punta		553.3468
			Verano Fuera de Punta		0.0000
			Invierno Fuera de Punta		0.0000

ANEXO A2

Equipo de análisis de calidad de energía Fluke 1437 conectado a centro de carga del Edificio.





ANEXO A3

Placas de los aires acondicionados del edificio Marlon Zelaya



ANEXO A4

Factura de alquiler de equipo analizador de energía Fluke 1437



RTC CONSULTING
RENEWABLE TECHNOLOGY CONSULTANTS

RUC: J0310000233950
Del portón principal del Colegio Divino Pastor 1 ½ c. al Oeste, B° Altagracia, Managua, Nicaragua.
Tel.: +505 2265 0750 • Cel.: +505 8768 1242, +505 8177 2819
E-mail: gerencia@rtc-consultant.com

DÍA	MES	AÑO
15	06	2017

FACTURA Nº 0021

SR. (ES): UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA (UNI)

RUC:

DESCRIPCIÓN	VALOR
Alquiler de equipo analizador de energía FLUKE 1437	2,427.20
 <p>RTC CONSULTING RENEWABLE TECHNOLOGY CONSULTANTS</p> <p>NOTA: El monto equivale a USD 80.00 + IVA</p> <p>TIPO DE CAMBIO BANCENTRO: C\$ 30.34 X USD 1.00</p> <p><small>PRECIO: C\$54,000.00 + IVA 15% = C\$62,100.00. IMPORTE: C\$54,000.00 + IVA 15% = C\$62,100.00. IMPORTE: C\$54,000.00 + IVA 15% = C\$62,100.00. IMPORTE: C\$54,000.00 + IVA 15% = C\$62,100.00.</small></p>	
Sub- Total C\$	2,427.20
IVA 15%	364.08
TOTAL C\$	2,791.28

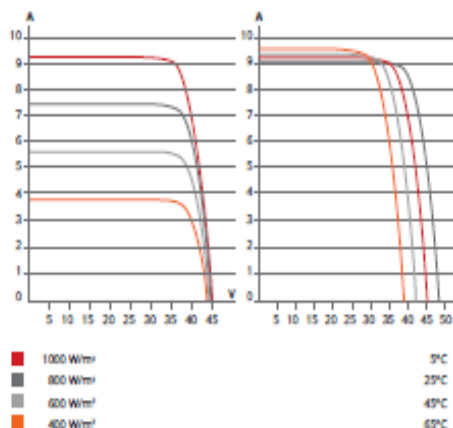
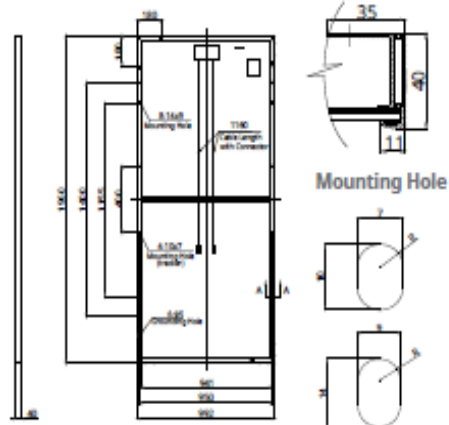
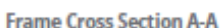


RTC CONSULTING

RECIBIDO POR

Ficha técnica de los paneles solares MAX POWER CS6U-330P

CS6U-320P / I-V CURVES



MECHANICAL DATA

CS6U	315P	320P	325P	330P
Nominal Max. Power (Pmax)	315 W	320 W	325 W	330 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	36.6 V	36.8 V	37.0 V	37.2 V
Opt. Operating Current (Imp)	8.61 A	8.69 A	8.78 A	8.88 A
Open Circuit Voltage (Voc)	45.1 V	45.3 V	45.5 V	45.6 V
Short Circuit Current (Isc)	9.18 A	9.26 A	9.34 A	9.45 A
Module Efficiency	16.20%	16.46%	16.72%	16.97%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C			
Max. System Voltage	1000 V (IEC) or 1000 V (UL)			
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)			
Max. Series Fuse Rating	15 A			
Application Classification	Class A			
Power Tolerance	0 ~ + 5 W			

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

Specification	Data
Cell Type	Poly-crystalline, 6 inch
Cell Arrangement	72 (6x12)
Dimensions	1960x992x40 mm (77.2x39.1x1.57 in)
Weight	22.4 kg (49.4 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame Material	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP67, 3 diodes
Cable	4 mm ² (IEC) or 4 mm ² & 12 AWG 1000V (UL), 1160 mm (45.7 in)
Connector	T4 series or PV2 series
Per Pallet	26 pieces, 635 kg (1400 lbs)
Per Container (40' HQ)	624 pieces

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

CS6U	315P	320P	325P	330P
Nominal Max. Power (Pmax)	231 W	235 W	239 W	242 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	33.7 V	33.9 V	34.0 V	34.2 V
Opt. Operating Current (Imp)	6.87 A	6.94 A	7.01 A	7.08 A
Open Circuit Voltage (Voc)	42.0 V	42.2 V	42.4 V	42.5 V
Short Circuit Current (Isc)	7.41 A	7.48 A	7.54 A	7.63 A

* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m², spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.41 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.31 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.053 % / °C
Nominal Module Operating Temperature (NMOT)	43±2 °C

ANEXO A6

Ficha técnica del inversor SMA SUNNY TRIPOWER 15000TL

Entrada de CC

	STP 15000TL-10	STP 17000TL-10
Potencia de CC máxima a $\cos \varphi = 1$	15 340 W	17 410 W
Tensión de entrada máxima	1 000 V	1 000 V
Rango de tensión del MPP	360 V ... 800 V	400 V ... 800 V
Tensión asignada de entrada	600 V	600 V
Tensión de entrada mínima	150 V	150 V
Tensión de entrada de inicio	188 V	188 V
Corriente de entrada máxima, entrada A	33 A	33 A
Corriente de entrada máxima, entrada B	11 A	11 A
Corriente de entrada máxima por string, entrada A*	40 A	40 A
Corriente de entrada máxima por string, entrada B*	12,5 A	12,5 A
Corriente de cortocircuito máxima, entrada A**	50 A	50 A
Corriente de cortocircuito máxima, entrada B**	17 A	17 A
Corriente inversa máxima del inversor en la planta durante un máximo de 1 ms	0 A	0 A
Número de entradas del MPP independientes	2	2
Strings por entrada MPP, entrada A	5	5
Strings por entrada MPP, entrada B	1	1
Categoría de sobretensión según IEC 60664-1	II	II

Salida de CA

	STP 15000TL-10	STP 17000TL-10
Potencia asignada a 230 V, 50 Hz	15 000 W	17 000 W
Potencia aparente de CA máxima	15 000 VA	17 000 VA
Tensión asignada de red	~3/N/PE, 230 V/400 V ~3/N/PE, 230 V/400 V	

	STP 15000TL-10	STP 17000TL-10
Tensión nominal de CA	220 V, 230 V, 240 V	220 V, 230 V, 240 V
Rango de tensión de CA*	160 V ... 280 V	160 V ... 280 V
Corriente nominal de CA a 230 V	21,7 A	24,6 A
Corriente de salida máxima	24 A	24,6 A
Coeficiente de distorsión de la corriente de salida con un coeficiente de distorsión de la tensión de CA < 2% y una potencia de CA > 50% de la potencia asignada	≤3 %	≤2,6 %
Corriente de cierre	< 20% de la corriente nominal de CA durante un máximo de 10 ms	< 20% de la corriente nominal de CA durante un máximo de 10 ms
Corriente de salida máxima en caso de fallo	0,05 kA	0,05 kA
Frecuencia asignada de red	50 Hz	50 Hz
Frecuencia de red de CA*	50 Hz/60 Hz	50 Hz/60 Hz
Rango de operación a una frecuencia de red de CA de 50 Hz	44 Hz ... 55 Hz	44 Hz ... 55 Hz
Rango de operación a una frecuencia de red de CA de 60 Hz	54 Hz ... 65 Hz	54 Hz ... 65 Hz
Factor de potencia con potencia asignada	1	1
Factor de desfase cos φ , ajustable	0 capacitivo ... 0 inductivo	0 capacitivo ... 0 inductivo
Fases de inyección	3	3
Fases de conexión	3	3
Categoría de sobretensión según IEC 60664-1	III	III


ANEXO A7

Fusible SIBA URZ 32A gR


► **Gama URZ / Range URZ**

► **Dimensiones / Dimensions**

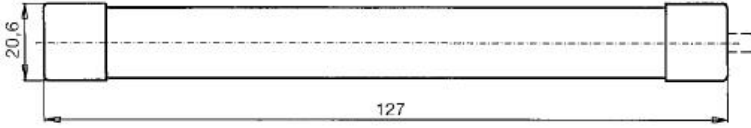
Tamaño / Size	Tensión Nominal / Rated Voltage	Tensión Nominal / Rated Voltage	Clase / Class	Norma / Standard
20 x 127 mm	DC 1000 V	DC 1500 V	gR / aR	IEC 60269-4



Ref. 90 082 10 con indicador / Ref. 90 082 10 with indicator
 Ref. 90 081 10 sin percutor / Ref. 90 081 10 without striker



Ref. 90 082 10 con percutor / Ref. 90 082 10 with striker
 Ref. 90 081 10 con percutor / Ref. 90 081 10 with striker



ANEXO A8

Ficha técnica de Mantenimiento

Propuesta de Hoja para el Mantenimiento Preventivo.

Departamento de mantenimiento: _____ Fecha: _____

Departamento: _____

Ubicación: _____

Mediciones

Tension de trabajo _____ corriente de los panel(es) _____ Corriente de carga _____

Cableado exterior _____ Corriente de corto circuito (Isc) _____ Voltaje máximo del sistema _____ Voltaje de circuito abierto (Voc) _____

Controladores de carga

- ☐ Operación normal
- ☐ Conexión segura y sin daños
- ☐ Sensor de temperatura en la posición adecuada y segura
- ☐ Contador de carga en un lugar limpio y seguro

Sistema de interconexión (Alambrado)

- ☐ Sistema aterrizado
- ☐ Alambrado seguro y sin corrosión

Panel fotovoltaico

- ☐ Superficie, marco, caja de conexión limpio y sin daños.
- ☐ Ángulo adecuado de inclinación
- ☐ Alambrado seguro y limpio sin corrosión
- ☐ Voltaje de corto circuito abierto y corriente de cortocircuito
- ☐ Comprobación del estado de fijación de la estructura o la cubierta
- ☐ Buen estado de la toma a tierra y resistencia de paso al potencial de tierra
- ☐ Fijación de los módulos a la estructura

Inversor

- ☐ Operación normal
- ☐ Conexión segura y sin corrosión
- ☐ Limpieza del inversor con las medidas pertinentes
- ☐ Comprobación de la temperatura de conexión mediante termografía infrarroja
- ☐ Fusibles y seccionadores en buen estado

Hoja de registro de reparacion

Lugar: _____ Hora: _____

Realizado por: _____

Sintoma
original: _____

Componentes Inspeccionados: _____

Problemas encontrados: _____

Reparaciones realizadas: _____

Observaciones: _____

Recomendaciones: _____

Tecnico de Mantenimiento

Responsable de Mantenimiento

ANEXOS B. TABLAS

ANEXO B1

Mediciones puntuales de las aulas de clases del edificio Marlon Zelaya

Aula	Capacidad (BTU/h)	Potencia (kW)	Corriente (A)	Voltaje(Volts)
1016	60,000	4.02	19.51	206.05
	36,000	1.63	14.13	115.36
1017	60,000	4.86	19.32	251.55
	36,000	2.23	12.44	179.26
1018	60,000	4.34	20.92	207.46
	36,000	2.84	11.92	238.26
1022	60,000	3.24	18.46	175.51
	36,000	1.73	13.97	123.84
1023	60,000	4.34	20.45	212.22
	36,000	2.54	10.94	232.18
1024	60,000	4.13	19.11	216.12
	36,000	3.18	11.43	278.22
1019	60,000	4.53	19.34	234.23
	36,000	4.26	12.45	342.17
1020	60,000	4.06	20.54	197.66
	36,000	3.14	14.34	218.97
1021	60,000	3.86	20.67	186.74
	36,000	2.56	10.45	244.98
1025	60,000	4.46	19.24	231.81
	36,000	2.28	11.34	201.06
1026	60,000	3.17	18.46	171.72
	36,000	2.78	10.34	268.86
1027	60,000	2.56	17.25	148.41
	36,000	1.28	9.45	135.45

ANEXO B2

Mediciones puntuales de las oficinas del edificio Marlon Zelaya

Oficinas	Capacidad (BTU/h)	Potencia (kW)	Corriente (A)	Voltaje(Volts)
Deporte	60,000	2.38	11.24	211.74
	18,000	1.32	6.45	204.65
Cultura	18,000	1.43	7.43	192.46
CER	36,000	1.58	9.21	171.55

ANEXO B3

NASA meteorología de superficie y la energía solar

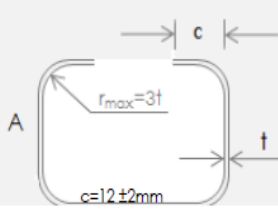
La latitud 12.136 / longitud -86.223

Monthly Averaged Radiation Incident On An Equator-Pointed Tilted Surface (kWh/m ² /day)													
Lat 12.136 Lon 86.223	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
SSE HRZ	5.37	6.27	7.09	7.04	5.98	4.76	4.76	5.01	5.21	5.04	4.57	4.76	5.48
K	0.62	0.66	0.69	0.66	0.56	0.45	0.45	0.47	0.50	0.52	0.52	0.57	0.56
Diffuse	1.40	1.42	1.49	1.80	2.14	2.28	2.29	2.32	2.17	1.93	1.72	1.49	1.87
Direct	6.64	7.53	8.17	7.43	5.49	3.58	3.54	3.83	4.35	4.70	4.66	5.62	5.45
Tilt 0	5.32	6.21	7.00	6.93	5.86	4.66	4.66	4.93	5.14	4.99	4.53	4.73	5.41
Tilt 12	5.91	6.67	7.20	6.80	5.92	4.72	4.71	4.91	5.16	5.20	4.90	5.26	5.61
Tilt 27	6.35	6.91	7.09	6.32	5.73	4.61	4.58	4.68	4.97	5.25	5.13	5.67	5.60
Tilt 90	4.47	4.05	2.96	1.70	2.36	2.21	2.14	1.88	2.07	2.88	3.41	4.13	2.85
OPT	6.45	6.91	7.21	6.93	5.93	4.72	4.71	4.94	5.17	5.26	5.15	5.78	5.76
OPT ANG	38.0	29.0	15.0	0.00	10.0	12.0	10.0	4.00	8.00	22.0	33.0	40.0	18.3

ANEXO B4

Materiales de construcción de la estructura.

Lamina Galvanizada/Superdyma									Fabricada bajo norma: ASTM A653M CS Tipo B Z180/NSDCC K18	
Dimensiones Externas (A x B)		Espesor (t)		Peso			Piezas por Paquete	Kgs por Paquete	Referencias	
mm ⁽¹⁾	plg ⁽²⁾	mm	Kg/m	Lb/pie	Kg/Pieza	Lb/Pieza				
38 x 76	1-1/2 x 3	1,00	1,22	0,82	7,30	16,09	120	875,72		
38 x 76	1-1/2 x 3	1,20	1,46	0,98	8,76	19,31	120	1050,87		
38 x 76	1-1/2 x 3	1,50	1,82	1,23	10,95	24,13	120	1313,58		
50 x 70	2 x 3	1,20	1,65	1,11	9,91	21,84	112	1109,44		
50 x 70	2 x 3	1,50	2,06	1,39	12,38	27,30	112	1386,80		
50 x 100	2 x 4	1,00	1,62	1,09	9,69	21,36	80	775,23		
50 x 100	2 x 4	1,20	1,94	1,30	11,63	25,64	80	930,27		
50 x 100	2 x 4	1,50	2,42	1,63	14,54	32,05	80	1162,84		
50 x 100	2 x 4	2,00	3,23	2,17	19,38	42,73	80	1550,46		
50 x 100	2 x 4	2,30	3,71	2,50	22,29	49,14	80	1783,03		
50 x 100	2 x 4	3,00	4,85	3,26	29,07	64,09	80	2325,68		
50 x 150	2 x 6	1,50	3,04	2,04	18,21	40,16	48	874,29		
50 x 150	2 x 6	2,00	4,05	2,72	24,29	53,54	48	1165,71		
50 x 150	2 x 6	2,30	4,65	3,13	27,93	61,57	48	1340,57		
50 x 150	2 x 6	3,00	6,07	4,08	36,43	80,31	48	1748,57		
50 x 200	2 x 8	1,50	3,66	2,46	21,98	48,46	32	703,45		
50 x 200	2 x 8	2,00	4,89	3,28	29,31	64,62	32	937,93		
50 x 200	2 x 8	2,30	5,62	3,78	33,71	74,31	32	1078,62		
50 x 200	2 x 8	3,00	7,33	4,92	43,97	96,93	32	1406,90		



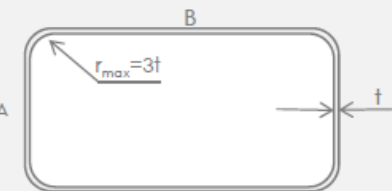
Propiedades Químicas
 Carbono: 0.02-0.15%
 Manganeso: 0.60%
 Fósforo: 0.030 %
 Azufre: 0.035%
 Propiedades Mecánicas
 Límite de Fluencia: 205/380 Mpa
 Recubrimiento de Zinc
 Z180 (180 g/m²)

⁽¹⁾ Medidas Reales/⁽²⁾ Medidas Nominales

Solo bajo pedido

Tipos de Material									Fabricada bajo norma: ASTM A36	
Lamina Caliente										
Dimensiones, Espesores y Pesos										
Dimensiones Externas (A x B)		Espesor (t)		Peso			Piezas por Paquete	Kgs por Paquete		
mm ⁽¹⁾	plg ⁽²⁾	mm	Kg/m	Lb/pie	Kg/Pieza	Lb/Pieza				
25 x 38	1 x 1-1/2	1,20	1,15	0,77	6,89	15,19	150	1033,64		
25 x 38	1 x 1-1/2	1,50	1,42	0,95	8,52	18,79	150	1278,59		
25 x 50	1 x 2	1,20	1,39	0,93	8,33	18,36	150	1248,98		
25 x 50	1 x 2	1,50	1,73	1,17	10,41	22,95	150	1561,22		
50 x 100	2 x 4	1,50	3,44	2,31	20,64	45,50	40	825,47		
50 x 100	2 x 4	1,80	4,11	2,76	24,66	54,36	40	986,26		
50 x 100	2 x 4	2,38	5,41	3,64	32,46	71,56	40	1298,36		
50 x 100	2 x 4	3,17	7,17	4,82	43,04	94,89	40	1721,75		

NORMA DE FABRICACION ASTM A500 Gr B
 Propiedades Químicas
 Carbono: 0.26% max
 Silicio: 0.35% max
 Manganeso: 1.35% max
 Fósforo: 0.035% max
 Azufre: 0.035% max
 Propiedades Mecánicas
 Resistencia a la Tracción: 400 Mpa
 Límite de Fluencia: 317 Mpa
 Tolerancias:
 -Dimension Externa
 Tubos ≤63.5mm (0.51mm)
 Tubos >63.5mm ≤ 88.9mm (0.64mm)
 Tubos >88.9mm ≤ 139.7mm (0.76mm)



⁽¹⁾ Medidas Reales/⁽²⁾ Medidas Nominales

ANEXO B5

Selección del Calibre de Conductor

Tabla 1. Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados para 0 a 2000 V nominales y 60°C a 90°C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30°C.

Calibre AWG o kcmil	Área de la sección transversal nominal mm ²	Temperatura nominal del conductor					
		60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C
		TW TWD CCE	THW, RHW THW-LS THWN XHHW	RHH, RHW-2 THHN, THW-2 TTHW-LS, XHHW-2	UF	RHW XHHW	RHW-2 XHHW-2 DRS
		Cobre			Aluminio		
14	2,08	20*	20*	25*	-	-	-
12	3,31	25*	25*	30*	-	-	-
10	5,26	30	35*	40*	-	-	-
8	8,37	40	50	55	-	-	-
6	13,3	55	65	75	40	50	60
4	21,2	70	85	95	55	65	75
2	33,6	95	115	130	75	90	100
1/0	53,5	125	150	170	100	120	135
2/0	67,4	145	175	195	115	135	150
3/0	85,0	165	200	225	130	155	175
4/0	107	195	230	260	150	180	205
250	127	215	255	290	170	205	230
300	152	240	285	320	190	230	255
350	177	260	310	350	210	250	280
400	203	280	335	380	225	270	305
500	253	320	380	430	260	310	350
600	304	355	420	475	285	340	385
750	380	400	475	535	320	385	435
1000	507	455	545	615	375	445	500

* A menos que se permita otra cosa específicamente en otro lugar de esta norma, la protección contra sobrecorriente de los conductores marcados con un asterisco (*), no se debe superar 15 A para 14 AWG, 20 A para 12 AWG y 30 A para 10 AWG, todos de cobre.

ANEXO B6


Conductividades a distintas temperaturas.

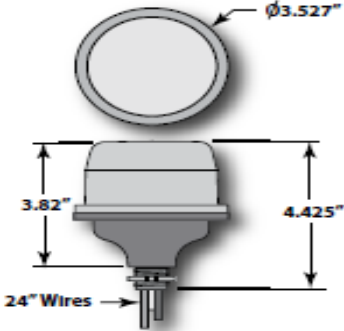
Material	γ_{20}	γ_{70}	γ_{90}
Cobre	56	48	44
Aluminio	35	30	28
Temperatura	20°C	70°C	90°C
Conductividad del Cu y Al en $m/\Omega \cdot mm^2$			

ANEXO B7

Pararrayos Midnite Solar MNSPD, 600 Volts

MidNite Surge Protection Devices

PART NO.	MNSPD-115	MNSPD-300-AC	MNSPD-300-DC	MNSPD-600
Nominal Voltage	0 to 90 VAC 0 to 115 VDC	0 to 250 VAC	0 to 300 VDC	0 to 485 VAC 0 to 600 VDC
MCOV	180V (162-198)	470V (423-517)	470V (423-517)	780V (702-858)
Clamp Voltage @ 100A Current 8/20 μ s	295V	775V	775V	1290V
Energy Absorption In Joules	1120 J (Full Device) 560 J (Each Section)	3130 J (Full Device) 1560 J (Each Section)	3130 J (Full Device) 1560 J (Each Section)	4320 J (Full Device) 2160 J (Each Section)
Suggested Placement	Up to 90 VAC circuits, 12V, 24V, 48V DC battery circuits	120/240 VAC circuits	Off-grid PV combiners Charge controller inputs up to 300VDC	316V/480 VAC circuits Grid-tie PV combiners Grid-tie inverter input Non-Isolated Inverters
Diagnostic Blue LED	MNSPD-115, MNSPD-300-AC and MNSPD-300-DC LED indicates when voltage is present between L1+Ground and L2+Ground MNSPD-600 LED indicates when voltage is present between L1+L2 (PV + PV-)			
Thermal Disconnecter - Internal Fuse				
Response time	<1 micro sec.			



Performance

Surge Current Rating per Phase	57kA
Short Circuit Current Rating	115kA
T-MOVs	8
Fusing	Individually fused MOVs
Thermal Fusing	Yes
Over current Fusing	Yes
Operating Frequency	0 to 60 Hz

Mechanical Description

Enclosure	Polycarbonate UL94V-0
Environmental Rating	Type 4X
Connection Method	#12 AWG
Weight	1 lb.
Mounting Method	1/2" Conduit Knockout
Operating Altitude	Sea Level - 12,000' (3,658 Meters)
Storage Temp	-40° F to +185° F (-40° C to +85° C)
Operating Temp	-40° F to +185° F (-40° C to +85° C)

Diagnostics

Blue status LED, one per leg

Listings and Performance

UL Standard for Safety, UL 1449 Surge Protective Devices-Third Edition
 CSA C22.2 No. 8-M1986 Electromagnetic Interference (EMI) Filters, Fourth Edition

Model No.	Max Operating Voltage	Surge Current per Phase	Configuration	MCOV	SCCR	VPR 600V/3kA L.G
MNSPD-115	90VAC/115VDC	57kA	1,Ø, 3-wire (2 Legs)	180V L-N	115kA	330V
MNSPD-300-AC	250VAC	57kA	1,Ø, 3-wire (2 Legs)	470V L-N	115kA	880V
MNSPD-300-DC	300VDC	57kA	1,Ø, 3-wire (2 Legs)	470V L-N	115kA	880V
MNSPD-600	485VAC/600VDC	57kA	1,Ø, 3-wire (2 Legs)	780V L-N	115kA	1500V

ANEXO B8

Breaker de 40 Amperios

Interruptores Termomagnéticos Enchufables Tipo CH 3/4"

EATON | Cutler-Hammer

Febrero 2009



Descripción

Los Interruptores termomagnéticos del tipo CH enchufable son mecanismos diseñados para protección de líneas y equipos eléctricos, se instalan en centros de carga CH en tableros CHP y PB.

Características

- Garantía de calidad de por vida 1, 2 y 3 polos.
- Capacidad Interruptiva de 10 KA Amperaje Nominal de 10-100 A.
- 120/240 VCA Protección contra sobre carga y corto circuito.

Aplicaciones

Se instalan en los centros de carga CH, para protección de las líneas y equipos eléctricos contra corto circuito o sobre carga sostenida.

Normas

Cumplen con NIMX-J-266-1994-ANCE y UL 489.

Para Centros de Carga CH, Tableros CHP y PB, 10KAIC


Catálogo	Polos	Amperes	Voltaje	Dimensiones
Notas: 1				
CH115	1	15	120/240V	Ancho = 19.1mm Altura = 80.9mm Fondo = 76.2mm
CH120	1	20	120/240V	
CH130	1	30	120/240V	
CH140	1	40	120/240V	
CH150	1	50	120/240V	
CH215	2	15	120/240V	Ancho = 38.2mm Altura = 80.9mm Fondo = 76.2mm
CH220	2	20	120/240V	
CH230	2	30	120/240V	
CH240	2	40	120/240V	
CH250	2	50	120/240V	
CH260	2	60	120/240V	
CH270	2	70	120/240V	
CH2100	2	100	120/240V	
CH2125	2	125	120/240V	
CH2150	2	150	120/240V	
CH315	3	15	240V	Ancho = 57.3mm Altura = 80.9mm Fondo = 76.2mm
CH320	3	20	240V	
CH330	3	30	240V	
CH340	3	40	240V	
CH350	3	50	240V	
CH360	3	60	240V	
CH370	3	70	240V	
CH380	3	80	240V	
CH390	3	90	240V	
CH3100	3	100	240V	




ANEXOS C. COTIZACIONES

ANEXO C1

Cotizaciones de los componentes del sistema fotovoltaico.



ECAMI S.A.



ATENCION: Orlando Jose Coulson

CLIENTE: UNI

DIRECCION: MANAGUA

CORREO: orlandocoulson2@gmail.com

DESCRIPCION: SISTEMA SOLAR DE AHORRO ENERGETICO

FECHA: 11/10/2017

TELEFONO: 89601169

Nis 2032582

TIPO DE SISTEMA	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	Precio Unit. U\$	TOTAL U\$
Sistema solar de Auto consumo 15,3 kw			
CANTIDAD			
48	Modulos Solares Trina Solar TSM 320 watts 37,1VDC		
1	Sunny Tripower 20000TL-US Includes SWDM-US-10 (built-in)		
1	Connection unit, CU1000US-10		
1	Materiales Electricos aproximados y Sistema de proteccion a Tierra		
1	Soporte de Modulos Solares		
1	Mano de obra e instalacion y programacion en el sitio Incluida		
		Sub-Total	\$20.740,00
		IVA	\$1.527,00
		TOTAL U\$	\$22.267,00

Nota; Paneles solares y baterias no pagan impuesto según ley 532.

GARANTÍAS:
 Panel Solar: 20 años
 Baterías: 24 Meses
 Inversor: 48 Meses
 Materiales Eléctricos: 30 Días
 Mano de Obra: 30 Días

GENERAL SALES CONDITIONS :

PRECIO: NET in \$ DOLLARS

DESCUENTOS: Incluidos

VALIDEZ: 20 Dias

FORMA DE PAGO: Contra Entrega, CK Certificado

¡¡AHORA AHORRA ENERGIA TODO EL DIA !! "UTILIZA PANELES SOLARES "

Nombre Vendedor: Ing. Julio Garcia Callejas
Correo Vendedor: julio.garcia@ecami.com.ni
Teléfono: 2276-0925 - 2276-0252 - 22551702
Celular: 87406514 Claro
WEB: www.ecami.com.ni

ANEXO C2

Cotización de los materiales para la base de estructura.

FERRETERIA BONICHE

Dirección: NINDIRI, PARQUE CENTRAL 3C ABAJO

Ruc: 0010502620041Y Teléfono: 25281049

PROFORMA

Fecha: 30/6/2017

Cliente: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

N° 3693

Observaciones: Sin observación

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO U\$	SUBTOTAL U\$
2007030	ALAMBRE DE AMARRE	libra	25	1.63	40.75
2015311	ARENA	m ³	10	17	170
2008844	CEMENTO GRIS HOLCIN	bolsa	27	10	270
2007356	CLAVO DE GALVANIZADO	libra	5	0.72	3.60
2108110	ESTRIBO DE 4 ELEMENTOS STANDAR	unidad	310	0.14	43.40
2011464	VARILLA DE HIERRO CARRUGADO ½"	unidad	50	4	200
207868	PERNOS DE EXPANSION DE 29000 KSI-DIA ½"	unidad	108	1.25	135
2017216	PIEDRIN ¾"	m ³	8	45	360
SUBTOTAL:				1,320.75	
DESCUENTO:				0.00	
IVA:				198.11	
NETO:				1,518.86	

FIRMA

NOTA IMPORTANTE: PROFORMA VALIDA POR ____ DIAS

ELABORAR CHEQUE A NOMBRE DE: CESAR BONOCHÉ CALERO

Visitenos, tenemos todo tipo de artículo ferretero al más bajo precio, los estaremos esperando para atenderlo.

MUCHAS GRACIAS POR SU PREFERENCIA